

設計開發小型無線遙控噴霧車

學生:楊子漢、蘇建宇、許孟傑

指導教授:謝清祿

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究希望研究開發一台小型無線噴霧車來改善傳統農業上噴霧作業所遇到的問題。利用無線遙控的方式將行走及噴霧控制整合在一起來幫助我們完成噴霧作業。開發完成後進行多個性能上的測試，了解此研究之噴霧車是否達到節省人力、體積小型與避免人體與藥液直接接觸的安全噴霧作業。

本研究之噴霧車具有寬廣的噴灑範圍與長程的遙控距離，可應用於果樹類之作物。未來可朝向縮小車體、增加續航力的方向發展。

一、前言

以前傳統農業中需要大量的人力來解決種植作物上所遇到的問題，而在現今產業發展下，從事農業人口相對較少，需要大量農業機械取代傳統農業的勞動力，因此自走車在農業自動化的實施上扮演了十分重要的角色，大致上移動性的工作均可依靠它的幫助，如農業的噴灑，以免由人來操作時傷害到工作人員的健康^[1]，不僅改善了人力的問題也大幅提升了工作效率。農業噴霧從早期以來大多以背負式噴霧機及人力牽繩兩種來實施噴霧相關作業，目前成本最低、使用方便且廣泛運用於各種農作物噴霧作業的人力牽管噴霧方式具有作業辛苦、效率低及霧粒容易與人接觸等缺點^[2]，而小型噴霧機以背負式為主，重量、振動及噪音會對作業者之健康造成威脅，間接減低勞動效率^[3]，這兩種方法不僅需要耗費大量人力，還會有與農藥接觸的危險，為了減少人力及降低人體與藥液之間的接觸，研發噴霧車來改善農業噴霧等問題是農業發展必然的趨勢。

從以往的研究文章中得知，大部分都是在自走車上加裝噴霧載具與控制系統，使其擁有良好的遙控與噴霧功能，而導致這樣的發展來自於噴霧需要不斷地更換噴灑位置，早期的方法則是利用人力來完成農業噴霧的工作，幾十年來逐漸用機械取代人力來發展精耕農業，從機動性與轉向性較佳的車體上安裝噴霧裝置，使噴霧車不僅能夠靈活的在田間行走，還具備藥物噴灑的能力，滿足農業上的需求，這在推動精耕農業的變率施用技術前，農耕機具在田間的無人操控應用研究是絕對必須的^[4]。

病蟲害防治大略分成物理防治、生物防治與化學防治等方式，其中以化學防治的噴霧方式較為農民廣泛採用，但是化學藥劑普遍具有毒性，如何減

少或避免農藥霧粒碰觸人體的方法與技術的開發是增進農民福祉的重要課題^[5]。目前噴霧車的發展狀況分為兩種，一個是需要駕駛直接操控噴霧，為產業界多數使用，另一個是無線遙控式噴霧，這兩種噴霧車差別在於需要駕駛操控的噴霧車仍會與藥物接觸，若加設駕駛室則會導致噴霧車整體體積偏大。無線遙控式噴霧不僅改善了這項缺點，使人體不會與藥物接觸，也因為不需要駕駛直接操控噴霧車，能使車體體積較小，適用於更多作物的噴霧作業。

二、研究目的

本研究以設計出一台小型無線遙控噴霧車為目標。其具有遙控距離遠、載運量多、小型、靈活、減少接觸面積以及接觸時間等優點。如此能避免噴霧人員與藥物直接接觸，減少人力，並提升操作人員的工作環境安全程度，又能因應果園使用的工作流程，提升工作效率。

為了解此研究是否符合產業界所需，需要測試噴霧車各個部分的性能。包含遙控距離、行走速度、迴轉半徑、噴霧角度與散佈範圍的相關性。並實際，以現場評估來確認。

綜合以上敘述，透過此研究來改善目前產業發展的走向，我們期望此噴霧車能應用於多數果樹類的作物，以安全、靈巧的完成噴霧作業。

三、研究內容與方法

本研究之遙控噴霧車大致分成四個部分，由遙控部、控制部、行走部與噴霧部組成(圖 1)。遙控部即為遙控器，操作遙控器上的控制鈕來操作噴霧車的行走與噴霧控制。遙控的原理是以 RF 無線射頻模組進行操控；行走部以兩顆馬達帶動左右兩個前輪以轉速差的原理控制左右轉與前進；噴霧部以背負式噴霧機的小型內燃機與柱塞幫浦做為噴霧的動力來源，藥液由噴霧桿噴灑出。所有的部件均固定在一車體上，設計構想圖見圖 2。

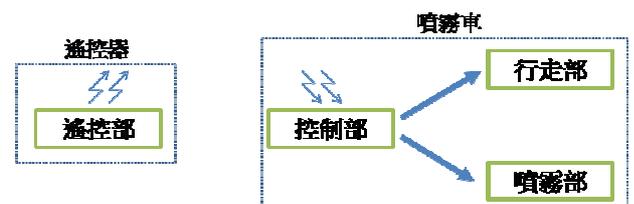


圖 1 系統架構圖

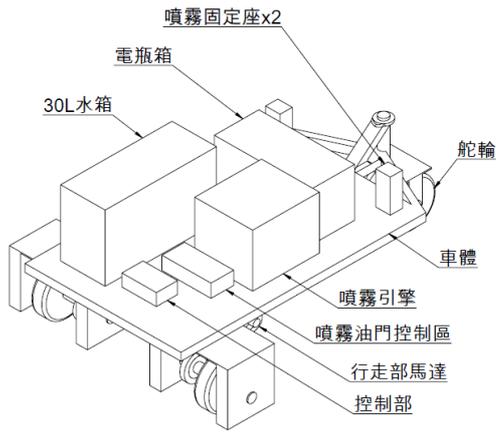


圖 2 設計構想圖

3.1 遙控部

遙控部切分成電路與程式兩部分詳細介紹。電路介紹了使用的控制核心、RF 無線射頻模組與其他無線模組相關比較，以及燒錄器使用的方式。程式部分則說明程式的流程、程式使用的開發介面。

3.1.1 遙控部電路

遙控部以單晶片「ATMega328P」為中心，單晶片將控制指令交由「NRF24L01+」無線模組發送出去。

遙控部電原由 9V 方型電池提供，經穩壓器調整成 5V 與 3.3V 的電源。3.3V 提供「NRF24L01+」無線模組，5V 提供其他的電路配置。

a. NRF24L01+模組

NRF24L01 是一款工作在 2.4-2.5GHz 區段，採用全球開放 ISM 頻段，最大 0dBm 發射功率，免許可證(NCC 認證)使用。在空曠的地方傳輸可達 100 米傳輸的距離，並支援六路通道的資料接收。^[6]

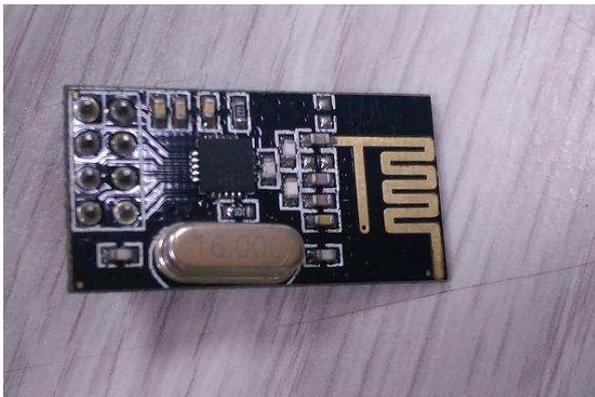


圖 3 NRF24L01+模組

我們比較了 3 個市面上常見的無線收發模組(如表 1)，考慮了傳輸距離、自定的通訊協定與 SPI 介面後，我們選定 NRF24L01+為無線控制使用的模組。

表 1 無線模組比較

模組名稱	NRF24L01+	HC-05	XBee
通訊協定	Enhanced ShockBurst	藍芽	ZigBee
戶外傳輸距離	約 100m (實測)	約 10m (實測)	100m
硬體介面	SPI	UART	UART
提供電壓	1.9V-3.6V	1.8V-3.6V	2.8V-3.4V
耗電量	13.5mA	25mA	50mA
最高傳輸速度	2Mbps	2.1Mbps	250Kbps
價格	低	中	高
收發功能	收/發兼用	收/發兼用	收/發兼用

b. ISP(InSystem Program)

ISP(InSystem Program)，是一種可線上燒錄的功能，而線上燒錄，就是使用者不需將 IC 從機器中取下，放在特定的燒錄器進行燒錄的動作，它可直接透過特定的傳輸介面，搭配特定的傳輸協定即可進行晶片抹除、寫入…等工作，是一種便利的功能。不過執行功能須預先將 ISP 韌體程式透過燒錄器燒進晶片內，這樣才可以跟 PC 端的應用程式進行連結與溝通。

3.1.2 遙控部程式

程式開發以「C 語言」做為程式語言，由「Atmel Studio 7.0」為開發環境進行編碼、除錯，最後再由燒錄器將指令燒寫至單晶片中。

圖 4 為遙控部程式流程圖，單晶片偵測按鈕狀態後，先將前後、左右轉的指令與控制量計算出來，經過 SPI 介面轉交給「NRF24L01+」無線模組發送。計算出的控制量為之後控制器使用的 PWM(脈衝寬度調變)之大小，為了使噴霧車行走穩定安全，控制量必須由少至多增加，行走速度方能由緩至快逐步增速。

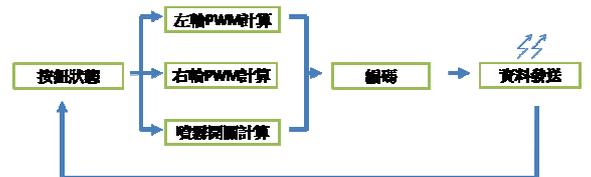


圖 4 遙控部程式流程

a. 開發介面

程式以 ATMEL Studio 7.0 為主要開發介面，但由於「ATMega328P」與 Arduino UNO 為同類核心，而且 C 語言可與 Arduino IDE 相容，因此能使用 Arduino IDE 進行除錯工作，使開發速度增加，並且比 Arduino 系列的開發板具有更多的靈活性。

3.1.3 遙控部組裝與成品

遙控部的組裝由下面的步驟依序完成。

- (1) 備齊電子元件與電路空板。
- (2) 將電子元件依照電路板上的標示位置焊接上。
- (3) 程式燒錄進單晶片中。
- (4) 將焊接好的電路板裝進入塑膠外殼中，接上插線排與 9V 電池。
- (5) 打開電源，開始進行除錯。



圖 5 遙控器組裝



圖 6 遙控器成品

3.2 控制部

控制部切分成電路與程式兩部分詳細介紹。電路介紹了控制核心、RF 無線模組外，說明了行走部與噴霧部馬達的控制原理。程式部分則說明程式的流程與多工系統的簡介。

3.2.1 控制部電路

圖 7 為控制部電路圖。控制部以單晶片「ATMega328P」為控制中心，由「NRF24L01+」無線模組收到訊號後，分別對行走部與噴霧部進行控制。

當控制部收到遙控部傳送的訊息時，連線指示燈會亮起，用以確定控制的安全以及提供程序的除錯功能。

行走部由左右兩顆有刷馬達組成，分別以兩組推挽式電路控制。繼電器負責前進、後退的轉換，光耦合器負責放大 PWM 訊號然後交由 MOSFET(金屬氧化物半導體場效電晶體)來控制馬達的轉速。噴霧控制由單晶片發送正反轉的訊號給 L293D，

L293D 將訊號放大控制噴霧部小型有刷馬達的正反轉。

電源部分由 4 顆 12V 的鉛酸電瓶串聯提供，由第 1 顆、第 2 顆與第 4 顆分別取出 12V、24V、48V 與 GND 四種電源端。12V 端供給整個控制部與噴霧部小馬達使用，24V 端供給行走馬達前進，48V 提供給行走馬達倒退。

本電路也以佈局軟體「EagleCAD」設計成電路成品。

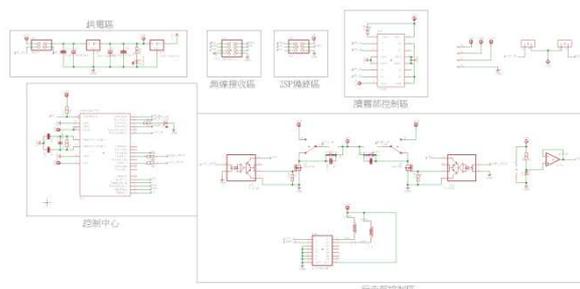


圖 7 控制部電路圖

3.2.2 控制部程式

圖 8 為控制部程式流程圖。當單晶片以 SPI 介面由「NRF24L01+」接收資料後，對行走部與控制部的電路發出訊號控制所有馬達的動作。

「看門狗計時器」做為緊急停止的觸發程序，以防止與遙控部失去連線後失控暴衝。「看門狗計時器」必須在每個 250 毫秒以內重設一次，否則系統將重新啟動、所有動作停止。

接收資料、控制行走部與噴霧部三者必須同時進行，因此使用「多工處理」的技術。技巧為避免使用 delay 指令，改由多個中斷與計時器來巧妙的配置時序，由於程序重複執行一輪的速度極快，因此看上去有如同步進行。

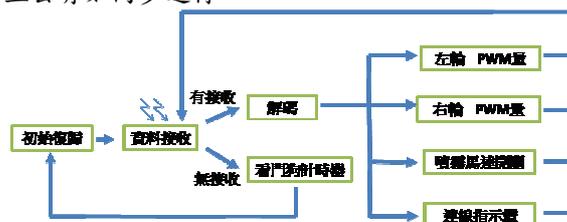


圖 8 控制部程式流程

行走部的左右轉調整式以馬達的轉速差控制，表 2 為馬達控制參考表，由於左右兩顆馬達是相對安裝的，因此往同一方向時，實際上馬達為一瞬時針一逆時針運轉。表中定義旋轉的方向由馬達頂端望向馬達座。

表 2 馬達控制表

	左輪馬達	右輪馬達
前進	逆時針	順時針
後退	順時針	逆時針

左轉	逆時針	斷電
右轉	斷電	順時針

3.2.2 控制部組裝與成品

控制部的組裝由下面的步驟依序完成。

(1)備齊電子元件與電路空板。

(2)將電子元件依照電路板上的標示位置焊接上。

(3)程式燒錄進單晶片中。

(4)將焊接好的電路板裝進入塑膠外殼中，接上插線排與電瓶電源端。分別為 12V、24V、48V 與 GND。

(5)打開電源，嘗試與遙控器連線、進行除錯工作。

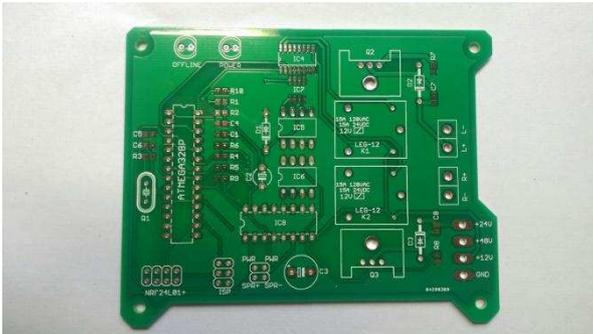


圖 9 控制部電路空板



圖 10 控制部電路成品

3.3 行走部

車體由前兩輪、後一輪共三輪來驅動。前輪左右兩邊各裝有一顆馬達，藉由控制兩個馬達的轉速，利用差速來進行轉彎。後輪為惰輪，設計上為萬向輪僅提供車體的支撐。

馬達內部附有減速機構，可降低旋轉速度與提高扭力。馬達經由小盤帶動輪軸的大盤，經過齒比轉換可再一次降低轉速並且提高扭力，配合操作人員的行走速度與越野時需要的強大扭力。

3.3.1 車體設計

車體先由 Solidworks 繪出車體的概念與尺寸後，請廠商替我們設計出實際的車體、以及行走機構的搭建。

3.3.2 行走部有刷馬達

直流有刷馬達主要優點為操作容易。改變電流方向就能改變轉向，改變電壓大小就能改變轉速。為了能使噴霧車在草地上行駛順利，因此選用大功率的有刷馬達，馬達的詳情規格請見表 3。

表 3 行走部馬達數據

型號	尤奈特 MY1122ZXF
額定功率	650W
額定電壓	48V DC
額定轉速	3200 rpm
空載轉速	3800 rpm
額定電流	≤17.40 A
空載電流	2.0 A
額定扭矩	≤1.93 N.m
電機效率	≥78%
減速比	1:6

3.4 噴霧部

噴霧部的部分由控制部接收訊號後，依指令訊號控制 12V 有刷馬達正反轉，在噴霧時馬達正轉帶動油門使油門 ON，油門開啟引擎轉速提高，進行液體加壓噴霧及水箱抽水與迴水動作，噴霧結束時，馬達反轉控制油門關閉使引擎怠速水箱迴水。

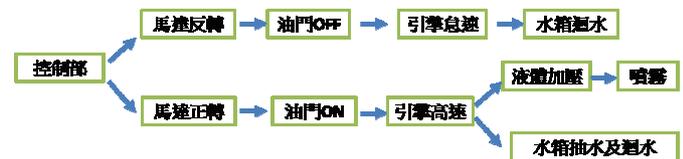


圖 11 噴霧部流程圖

表 4 噴霧部材料清單

共立背負式噴霧機	1 台
12V 小型直流有刷馬達	1 顆
30L 水箱	1 個
固定座	1 對
噴霧支架	1 對
噴桿	1 對

3.4.1 背負式噴霧機

我們選擇背負式噴霧機的引擎來當作噴霧的動力源，其優點不僅輕便、續航力高、噴霧範圍適宜之外，改裝也相當方便。



圖 12 背負式噴霧機

表 5 噴霧機數據

引擎部分	型號	共立噴霧機 SHP-800
	型式	單缸汽油二行程
	重量	9(kg)
幫浦部分	型式	單柱塞式
	常用壓力	15~30((kg/cm ²))
	吸水量	6.8~7.8(L/min)

3.4.2 12V 小型直流有刷馬達

小馬達先套上齒輪鎖上，由棉線分別連接齒輪與油門兩部分。由於油門會自動回彈，因此只需控制馬達的正反轉牽動油門的鬆緊，就可以進而控制噴霧的動作。為了簡化使用上的操作，馬達僅使用關閉與全開兩種模式。



圖 13 噴霧部油門控制

3.4.3 水箱

噴霧用的水箱應耐蝕防鏽，被設計得容易裝填藥液且可以方便快速地排水、清洗。^[7]水箱我們採用防鏽蝕的不鏽鋼材質，長 50cm 寬 20cm 高 30cm，總容量為 30L。為了能夠滿足上述使用上的需求，我們加裝了以下幾個項目：

- (a) 裝水口(含蓋)
- (b) 出水口接頭
- (c) 回水口接頭
- (d) L 型鍵座: 將固定水箱在車體上

(e) 通氣口: 使水箱裡面不會產生負壓，使抽水更順暢。

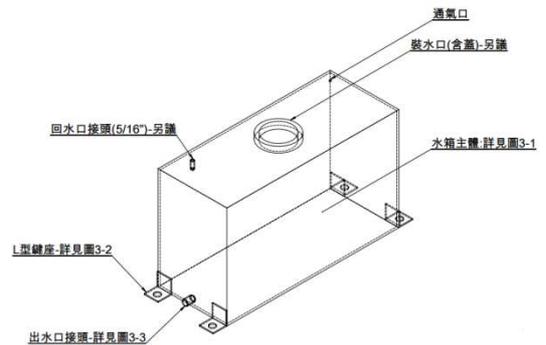


圖 14 水箱示意圖

3.4.4 噴霧支架與固定座

噴霧支架先與噴桿以束帶束緊後，固定座再分別將噴霧支架與車體固定。固定座上含五個孔，以蝶型螺絲與噴霧支架接合，因此能隨時依需求手動將噴霧支架從 0°~90° 做五個噴霧角度的變換。

零件先以 Solidworks 設計與模擬，然後交由廠商製作出來。

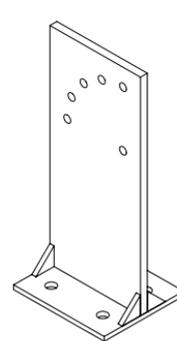


圖 15 噴霧支架



圖 16 固定座

3.5 數據量測

為了對開發出的噴霧車性能有所認識，這部分說明噴霧車主要使用到的數據與其測量方式。測量數據前，四顆電瓶皆以滿電(13.2V)、水箱水量 25L 的情況下測試。

3.5.1 行走速度

為了確定噴霧車的行走速度是否與人的步行速度相同。在平坦的柏油路面上進行如下測試。

(1) 路面上以捲尺測量出 100m 的直線距離，標上起點與終點位置。

(2) 控制噴霧車直行並計時，將起點至終點所花時間記錄下來，換算成行走速度(m/s)。

3.5.2 迴轉半徑

分別在平坦柏油路與平坦草皮兩個地形測量車體的迴轉半徑，方式如下。

(1)標示車體的前輪作為起點位置，位置以轉彎之外徑為準。如向左轉由於左輪置外，起點標示於左輪處。

(2)操控車子完全向左/右轉，使車子轉至起點正對面的位置，車頭方向與起始方向完全相反為止。

(3)以捲尺量測從起點至車體外輪的，此為迴轉直徑。重複量測3次取平均值，除以2即迴轉半徑。

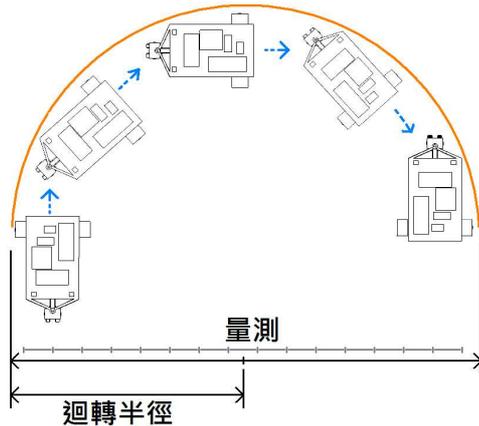


圖 17 迴轉半徑示意圖

3.5.3 連續行走時間

連續行走時間是以電池的總電量與馬達的耗電量做為評估。

(1)以電表測量與電池12V端與控制部串接，測量所有馬達停轉、僅接收資料時的消耗電流。

(2)以30A電流表與電池24V端與控制部串接，測量車體前進時消耗電流。

(3)電池電量除以總耗電量，即可推算行走時間。

3.5.4 緊急停止程序

為了確保車體斷訊後不會失控暴衝，我們測試緊急停止程序是否正常以及完全停止的時間。

(1)打開遙控器與控制部，確認連線指示燈亮起。圖18中，遙控器開啟後(綠燈亮)，接收部的連線指示燈亮起(藍燈)。

(2)控制車體直行達全速，然後關閉遙控器電源開關來模擬斷訊的狀態，並同時計時等待車體滑行至停止。

(3)當車子完全靜止時，停止記時。

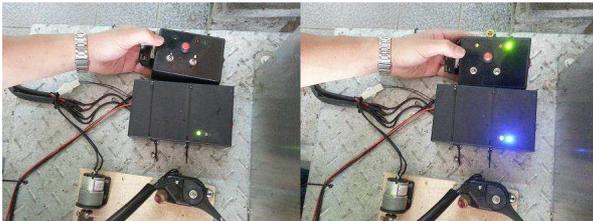


圖 18 連線指示燈測試

3.5.5 遙控距離

有效的遙控距離指某個距離下，噴霧車的行走部與噴霧部皆可以完全控制，而不會有訊號不穩定的現象作為距離。

(1)將車體置於平坦草皮上，測量範圍內無任何障礙物阻擋訊號傳輸。

(2)以捲尺測量，噴霧車向前行直到訊號不穩定

。連線不穩定時緊急停止程序會啟動，因此觀察到車體移動，時停時走的現象即可判斷為訊號不穩定。

3.5.6 持續噴灑時間

30L水箱裝滿水後，將噴霧機引擎的油門全開使噴霧壓力最大、保持噴霧量最多，直到水箱抽乾停止噴霧為止。

3.5.7 噴灑散佈範圍

為了瞭解噴霧散佈的範圍能應用於什麼作物中，我們需要知道角度與噴霧角度的相關數據。

噴霧散佈範圍是以固定座為基準點，距離固定座最近噴嘴為A與最遠噴嘴為B所量測的噴霧範圍。噴霧角度 θ 以固定座水平角度定為 0° 基準，向上調整成5種噴霧角度，具體方法如下：

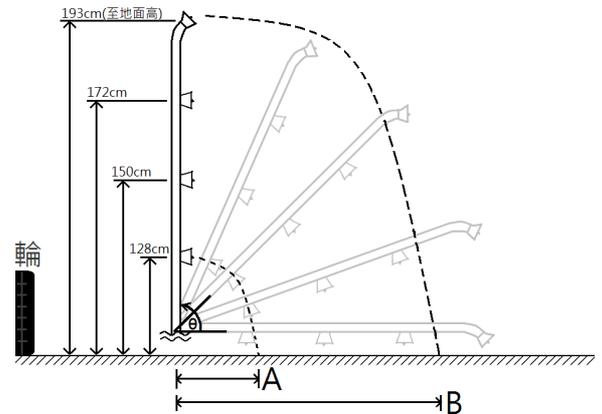


圖 19 散佈測試示意圖

(1)在無風環境下，將噴霧機的油門轉至最大，使噴霧量最大化。

(2)以肉眼判定白色霧化藥液的著地地點，並依照霧化藥液在空中的流向確認是否為無風環境。使用標的物標示出A點與B點。

(3)調整噴霧角度，記錄噴霧角度與噴灑範圍的相關數據。角度分別為 0° 、 22.5° 、 45° 、 67.5° 、 90° 五種角度。



圖 20 22.5° 角的噴灑測量

四、結果與討論

本節將列出噴霧車的主要性能參數，並且對這些性能加以探討。平面路地上行走速度為 0.91m/s，能與噴霧操作員的步行速度保持一致。緊急停止程序的運作良好穩定，完全停止的滑行時間約為 1.3 秒。連續行走時間為 2.6 小時。最大遙控距離為 90.9m，可保持藥物噴灑的距離，水箱裝滿後可連續噴灑 3 分 05 秒。其他數據詳見下列三表。

表 6 車體數據

全長	142cm
全寬	100cm
地面到車架高	30cm
輪距	80cm
總重	100kg

表 7 迴轉半徑

	左轉	右轉
柏油路	3.55m	4.6m
草地	3.4m	4.4m

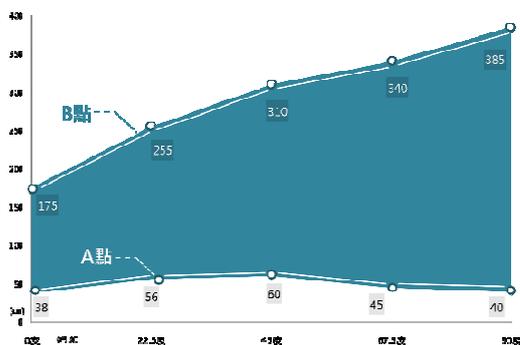


圖 21 噴霧範圍與角度關係

無線遙控噴霧車經過開發、組裝與諸多的性能測試後大致完成。從一些主要參數來看，所開發的噴霧車大致能滿足果園噴霧工作的需求，但部分的

性能仍要改進的空間，比如車體的續航力、車體寬度等等。

我們將此研究的噴霧車，於產業中運作時可能遇到各個問題綜合起來，逐一條列在下方討論。



圖 22 噴霧車成品

4.1 問題與討論

Q1: 左右迴轉半徑不同

由表 7 數據觀察，有兩項值得注意。第一、草地的相較柏油路，迴轉半徑稍小一些。第二、左轉迴轉半徑較右轉小，且有顯著的差異。

A1: 第一點的成因認為是草地的摩擦力較大，使斷電的馬達產生更大阻力造成單邊不易前進。

第二點的成因認為，前進時馬達的順、逆時針功耗不同所致，可見表 2 馬達控制表。針對此問題，我們測量了馬達電流差異，步驟如下。

(1) 將 30A 電流表從電瓶 24V 端與控制部串接。

(2) 於柏油路上測試，分別測量向左轉與向右轉的電流量。得出數據為向左轉 7A，向右轉 6A。

由數據可知，左轉的消耗功率比右轉十來的高些，因此推測為馬達順時針與逆時針的功耗不同造成的。

Q2: 馬達控制不準確

行走部與噴霧部使用的馬達均為直流有刷馬達，但經上文測試結果來看，並不能控制得很精確。行走部分左右轉的功率不同造成迴轉半徑不同、噴霧部馬達每次運轉到達的位置也略有不同。

A2: 我們討論出有兩個大方向可以改善。第一、採用步進馬達或伺服馬達控制，使每一次的控制都轉到特定的角度，如此能避免控制上的不精確。

第二、採用閉迴路的控制系統。如加裝位置感測器或加速度感測器，將感測器結果回饋到控制器中，讓控制器不斷監控馬達的運轉情形。

Q3: 訊號接收不穩定

附近有大型馬達、風扇運轉時訊號會接收不良，使控制器不斷重開機，我們懷疑是否為電磁干擾造成的。我們看電視的時候，如果旁邊有人使用電吹風或電剃鬚刀之類的家用電器，螢幕上會出現令人煩感的雪花條紋，這是常見到的電磁干擾現象。^[8]

A3: 為了改善電磁干擾的影響，對遙控器進行了如下測試。

(1) 單晶片發送資料給 RF 無線模組使用的其中一條訊號線由震盪器底下繞過，有可能受到高頻震盪器的電磁干擾。由於隨著時脈速度的快速提昇，PCB 本身、IC 的構裝、背板與連接器等實際連接主動元件或電源之間的連接結構，電磁干擾 EMI (Electromagnetic interference) 等問題逐漸浮現。^[9] 我們直接將單晶片與無線模組以跳線的方式直接相連而非經過電路板上傳送，以降低高頻震盪對線路的影響。

(2) 減少 EMI 電磁干擾最簡單和有效的方法之一是使用鐵氧體磁珠。在低頻情況下(低於 10MHz)，阻抗值為 10Ω 或更低，在較高的頻率下阻抗值增加到 100Ω ，並且在 100MHz 以上為電阻性元件。^[10] 由於使用的 RF 模組天線佈於 PCB 上，因此我們電路板的天線上方加裝環狀的鐵氧體磁環，消除高頻的電磁干擾訊號。圖 22 中黃色環狀體即為鐵氧體磁環。



圖 23 遙控器與鐵氧體磁環

當附近有大型馬達運轉時，改良前穩定遙控距離約為 0.5m，改良後可遠達 40m，消除電磁干擾的確能使遙控更加穩定。

Q4: 倒車失效

倒車扭按下後倒車，但繼電器接點燒融，使車子持續倒車失控。馬達為電感元件，推測是瞬間通電導致接點跳火花將繼電器燒融。

A4: 將繼電器改為電晶體控制，電路設計成 H 型電橋式，並且控制 PWM 使輸出量由少至多逐步增加，以避免瞬間衝擊。

Q5: MOSFET 電晶體損毀

前進行走時，電晶體多次燒毀，且晶體異常發燙。反電動勢是每當流經電感器的電流突然中斷時產生的電壓尖峰，如果不能妥善處理可能會導致驅動電路損壞。^[11]

A5: MOSFET 工作在三個階段(1) 截止模式，(2) 三極管模式，(3) 飽和模式。MOSFET 在截止狀態下本身部消耗能量，而在導通狀態下只消耗一部分固定的能量。所以我們將在文中探討處於三極管狀態時，消耗於 MOSFET 中的可變能量。^[12]

經過測試與比對後，我們發現文獻中提到了問題發生的兩種可能原因。第一，電晶體被啟動時的馬達電動勢擊穿。第二、MOSFET 在每次開關時會產生損耗，開關次數頻繁容易導致發燙。

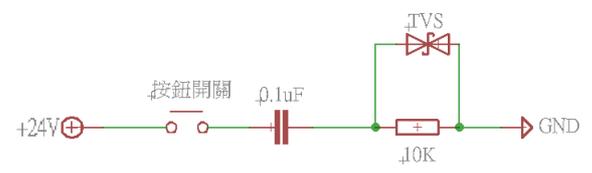


圖 24 鉗位保護測試電路

此電路原理為按鈕按下瞬間電流流經電容直到電容充滿電，以此來模擬高壓脈衝。TVS 鉗位電壓選用 20V，以此電路模擬電阻兩端電壓是否受到鉗位保護。觀測按下瞬間以數位示波器顯示的電壓值。未並聯前，示波器顯示電壓值約為 22V。並聯 TVS 後，示波器顯示電壓鉗位在 19V，說明了並聯 TVS 可達到保護電晶體的目的。

二、針對過熱

將 PWM 的開關次數降低，並且由示波器觀測 PWM 的頻率確實降低，經電表與溫度計測試後確定能改善過熱問題。

表 8 PWM 與溫度關係表

PWM 頻率	電晶體溫度	狀態
2MHZ	約 90°C	損毀
250kMHZ	約 80°C	損毀
62.5kMHZ	約 60°C	正常
15.625kMHZ	約 35°C	正常

Q6: 噴霧量無法調整:

單晶片傳輸給 12V 直流馬達的指令動作目前無法任意控制馬達的旋轉角度，導致每次噴霧都是在全開狀態下進行，無法依使用場合調整噴霧量。

A6: 採用步進馬達或是伺服馬達進行控制，能精確調整馬達的角度。

Q7:噴霧固定架太低:

固定架太低造成噴桿距離地面太近,即使噴霧對象是低莖作物也會造成作業困難。

A7:修改固定架長度、調整噴桿與地面的距離,才能更適合噴霧作業。

Q8:可應用於哪些作物?

A8:我們從四個主要性能來考量,車體寬度、噴灑範圍、迴轉半徑以及廢氣排放。

第一、由於車體寬度的限制,植株行距應大於2公尺。

第二、噴灑範圍介於1.7~3.7公尺之間,高密度的作物並不合適。

第三、迴轉半徑介於3.5~4.5公尺之間,植株行距應大於3公尺。

第四、由於使用內燃機為噴霧動力來源,會排放使用廢氣,因此不適合於密閉空的溫室使用。

綜合以上判斷,此研發之噴霧車適合使用於果樹類的作物,如蘋果、蓮霧、荔枝…等等。

本研究的噴霧車由於迴轉半徑較大,若使用行距較小的作物時需特別規畫工作的行走路徑。曳引機所能採用之調頭轉彎方式包括連續耕法中之L字型轉彎法、△字型轉彎法、α字型轉彎法、與來回耕法中之U字型轉彎法、▽字型轉彎法、Ω字型轉彎法、8字型轉彎法、等共七種方法。^[13]我們以參考文中的行走路徑改良,設計出適合此噴霧的兩種工作路徑。圖24為往復式路徑,進入耕地前先用一次倒車的動作。圖25為迴轉式路徑,以中間空一個行距的方式行走,可避開迴轉半徑過大的缺陷。

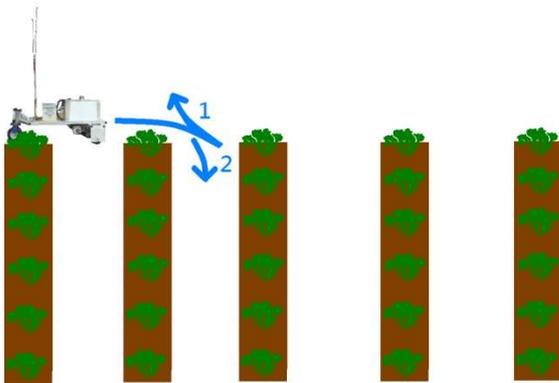


圖 25 往復式路徑

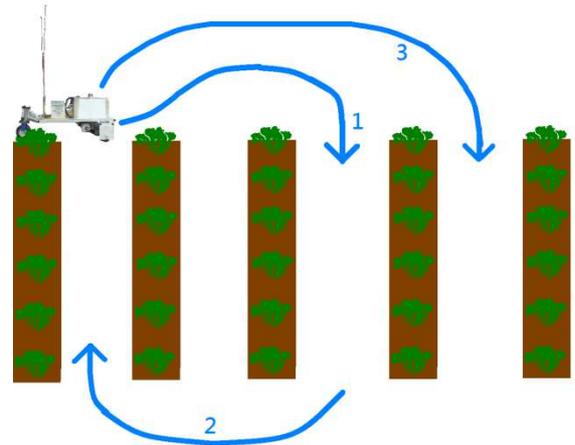


圖 26 迴轉式路徑

五、結論

本研究使用的小型電動噴霧車,採用兩個48V直流有刷馬達來做車體的行走與差速轉向控制,具有操作簡單、維護容易等優點,但轉彎半徑需要縮小以便適用於更多農業作物的噴灑作業。

雖然噴霧機的噪音比較大、廢氣也較多,不適合運用於室內空間,但噴霧散佈距離較大且有不同角度可供選擇,適用於戶外果樹植物,透過噴霧車來進行遙控噴霧可有效的隔絕與藥物接觸。

結合了遙控與噴霧的電動車,能夠替代人力進行噴霧工作,不僅安全又方便,更是未來農業發展中重要的一環。

六、致謝

本專題感謝由學校提撥的研究經費,讓我們的研究無材料使用上的憂慮。感謝謝清祿副教授在專題上給我們研究方向,在我們陷入瓶頸時,在旁耐心教導、培養我們發現問題並解決問題的能力。感謝實驗室裡的學長們,在我們茫然無措的情況下,協助指導我們資料查詢、專題製作,讓我們學到團隊合作的重要性,最後感謝這段期間幫助過我們的人,使這次的專題能夠圓滿成功。

七、參考文獻

- [1]李芳繁、曾如參,2000,「農用自動行走車之研製」,農林學報,第四十九卷,第四期,第33-46頁。
- [2]陳令錫、田雲生、張旭志、何榮祥,2008,「電動自走鼓風噴霧機之開發」,臺中區農業改良場研究彙報,第九十九期,第51-59頁。
- [3]陳令錫、朱峻民、林聖泉,2006,「小型電動噴霧機具及霧粒附著影像分析之研究」,臺中區農業改良場研究彙報,第九十二期,第63-74頁。

- [4]陳令錫、林聖泉，2000，「農用履帶車輛PC-based 控制系統之開發研究」，臺中區農業改良場研究彙報，第六十八期，第31-41頁。
- [5]陳令錫，2012，「電動三輪自走式噴霧機霧粒覆蓋特性之評估」，臺中區農業改良場研究彙報，第一百一十七期，第39-48頁。
- [6]曹永忠，許智誠，蔡英德，2015，Arduino 程式教學(無線通訊篇)，渥瑪數位，彰化，第269~271頁。
- [7]Sumner P.E., 2012, "Air Delivery Sprayers," undergraduate paper, The University of Georgia, Georgia
Source:
http://extension.uga.edu/publications/files/pdf/B%20979_3.PDF
- [8]林振豐，2007，「電磁波遮蔽材料及吸波材料頻率特性之探討」，碩士論文，國立臺北科技大學，臺北。
來源：
<http://ir.lib.ntut.edu.tw/wSite/PDFReader?xmlId=44589&fileName=1383806161344&format=pdf&ctNode=447>
- [9]邱建文，2005，「高速數位系統的印刷電路板電磁相容分析」，國立宜蘭大學工程學刊，第一期，第1~13頁。
- [10]Fancher D.B., 2007, "ILB, ILBB Ferrite Beads," Coporation Vishay, Greenwich, American.
Source:https://www.vishay.com/docs/ilb_ilbb_enote.pdf
- [11]Sifford S.R., 2003, Multiport analysis of permanent magnet DC motors, ProQuest, Hong Kong, pp. 1-39.
- [12]Hof A., 2010, "Power Consumption of a MOSFET," Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two, Vol. 2, pp. 1-9.
- [13]謝志誠，1993，「曳引機攜帶作業機進行整地作業路徑自動規劃系統之研製」，農業工程學報，第三十九卷，第三期，第87~96頁。

Develop a compact wireless spraying vehicle
Authors: Yang Z. H., C. Y. Su, M. J. Xu
Advisor: Hsieh C. L.
Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of science and technology

Abstract

The goal of this study is to design a compact wireless vehicle to improve the spraying way that farmer used at present. The use of remote control will control both driving part and spraying part so as to let farmers keep from exposing under the pesticide. After the spraying vehicle was built up, multiple tests were tested simultaneously to evaluate the vehicle performance in saving manpower, compact size.

The study shows that the wireless compact vehicle has wide spraying range and far control range. It is able to be applied in orchard. Making the size smaller and prolonging the working time might be the next direction for further study.

利用多波長光源檢測不同糖類之研究

學生姓名:黃奕評、林耕禾

指導老師:許益誠 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

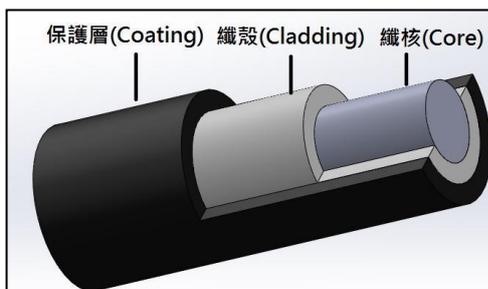
本實驗主要是利用雷射雕刻機對塑膠光纖進行加工，於光纖表面雕刻出凹槽，將此做為感測區域，再利用多波長作為待測光源，輸出不同波長的光功率，可使感測區域偵測到待測溶液的折射率之變化，我們各調配出三種不同糖類之溶液(蔗糖、葡萄糖、果糖)，此溶液濃度分別為10%、20%、30%、40%；再利用多波長搭配 Origin85 程式進行分析，分別繪出不同的頻譜圖做為標準，比較其頻譜圖，即可得知為何種糖類及濃度。

一 引言

光纖基本構造大致上可依折射率不同分成纖核(core)、纖殼(cladding)及外面作為保護的保護層(coating)三層，如圖一所示。

玻璃光纖由純化的二氧化矽(SiO₂)添加二氧化鍺(GeO₂)或氟(F)製作的即為石英系玻璃光纖，其中摻雜鍺(Ge)、鈉(Na)、鎂(Mg)及鋰(Li)等成分的多成分玻璃光纖是目前最佳的光波導質，由於具有良好的機械性質、容易加工以及優良的傳輸特性(如低損失、頻帶寬及低色散等)，為目前應用最廣及使用率最高的種類。[1]

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



圖一 光纖基本構造

[2]光在光纖中是以全反射原理進行內部傳輸。根據司乃耳定律(Snell's law)：光入射到不同介質的界面上會發生反射及折射兩種狀況，其中入射光與折射光會發生在同一個平面上，如圖二所示，且滿足下式：

Snell 定理公式：

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \quad (1)$$

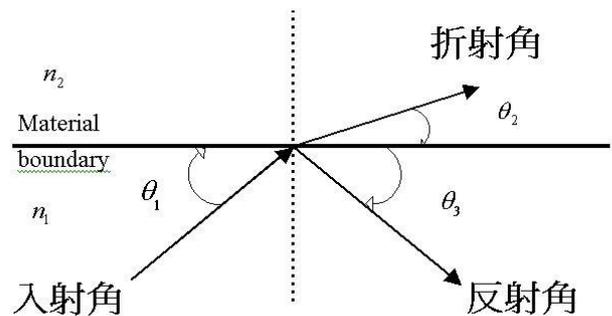
n_1 ：介質 1 的折射率

n_2 ：介質 2 的折射率

θ_1 ：入射角

θ_2 ：折射角

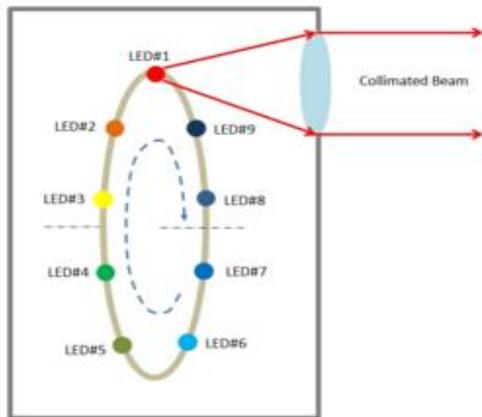
折射率大的稱為光密介質，折射率小的稱為光疏介質。由圖二中可以看出，當 $n_1 > n_2$ 時，隨著入射角 θ_1 的增大，折射角 θ_2 也越來越大，當 $\theta_2 = 90^\circ$ 時，光線不再進入第二種介質，光能量全部返回第一種介質，這種現象稱為全反射。[3]



圖二 Snell's law

多波長光源(Wavelength Switchable LED Source s)，LED[4]為一種半導體發光元件，異於一般白熾燈泡熱發光，LED屬於冷發光，利用二極體內部分離的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。而本實驗使用之多波長光源採用9種不同的波長光源(如圖三)。

光源透過 Mightex LED 控制器和電流源來驅動。光纖感測器是利用光導纖維，將光源所輸出的光波導向至感測區域中，以全反射原理傳輸的光傳導工具。感測區域中物理量，例如：溫度、壓力、折射率…等的變化，將會造成光波長之特性變化，進行分析後即可推得待測區中的物質類別。光纖具備的優點：重量輕、成本低、可信度高、不受電磁波干擾、靈敏度高…等，因此而廣泛應用於實驗、醫療、通信…等各領域。



圖三 九波長顏色種類圖

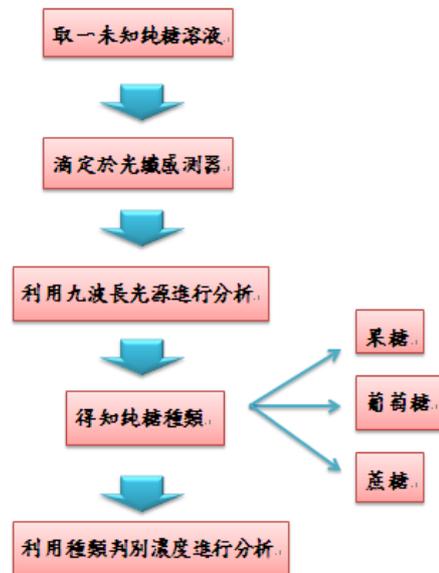
(一)研究動機與目的

光纖感測器能結合光、電技術各具備之特長，構成新的感測器，擴大感測器的應用範圍。是以光學量轉換為基礎，所以不但能構成純電子技術無法達成的感測器，還可以實現遠距離監測。本實驗自製的光纖感測器，是以雷射雕刻的方式進行加工，因光纖感測器靈敏度高，所以我們藉由光纖進行量測。

目前台灣水果中裡面含的糖類大部分為(蔗糖、葡萄糖、果糖)，而蔗糖大多屬於甘蔗較多，果糖為玉米提煉，然而葡萄糖是自然界中最廣泛、且最重要的一種單糖；之所以我們針對這三種糖類透過九種不同光波長，進行光強度分析，比較其頻譜圖的差異為何，可以瞭解到葡萄糖、果糖、蔗糖，對於光強度與折射率之關係。

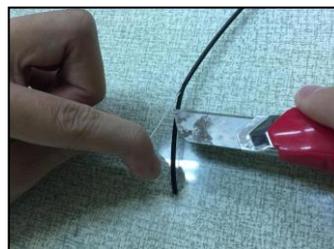
二 實驗內容與方法

(一)實驗流程



圖四 實驗流程圖

1. 取一段 15 公分 $\varnothing 980/1000\mu\text{m}$ 的塑膠光纖，並且利用雙盤研磨機搭配端面研磨夾具，進行端面研磨。端面研磨的目的是為了讓光能夠順利的與光纖耦合。端面研磨完後，使用非接觸式影像量測儀進行觀察，端面是否平整。



圖五 剝除光纖外層



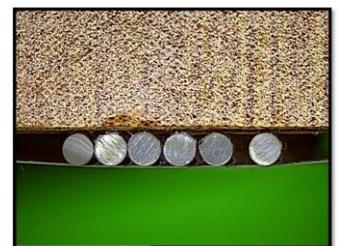
圖六 雙盤研磨機

雙盤研磨機:

本研磨拋光機(PM2-200SA, Plus Over, LTD_)主要用來研磨塑膠光纖端面及側面可以調整研磨的轉速，轉速範圍為 200rpm 到 500rpm。



圖七 非接觸式影像量測儀

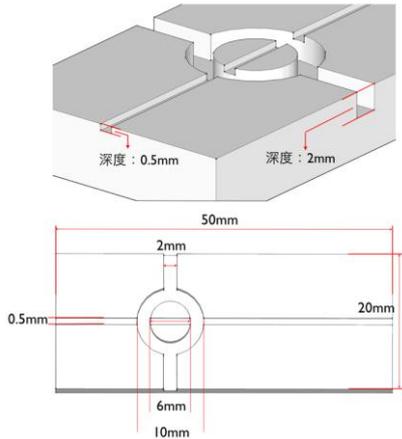


圖八 端面研磨後之光纖

非接觸式影像量測儀：

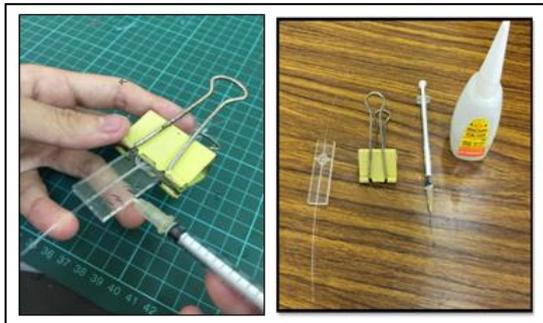
此非接觸式影像量測儀(KIM1005U3，Arcs，LTD)可觀察研磨後的光纖端面及側面並擷取影像，另外也可量測光纖的距離，精度為 1 μ m。

2. 利用圖六雷射雕刻機將壓克力板切割 50*20mm 的大小作為光纖感測平台，之後再將此平台放入雷射機中，以圖九所繪製之尺寸進行雕刻；此圖為夾具實體圖，中間圓型區域為待測液體滴定、感測區的地方，利用表面張力的原理，能夠有效地固定待測液體。



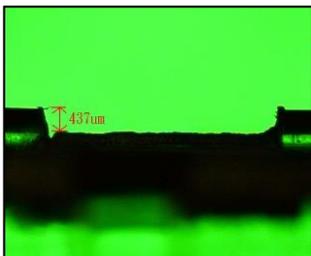
圖九 雕刻光纖夾具及其規格

3. 利用針頭吸取快乾、強力膠將光纖膠裝於夾具上。

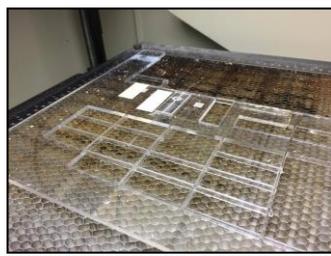


圖十 膠裝光纖感測器

4. 再將膠裝完後的光纖放入雷射機中，於待測區域加工出深度約 440 μ m 之凹槽作為滴定量測區，再利用非接觸式影像量測儀觀察深度是否接近理想值；透過上述(第一到四項)之程序加工，即完成一個光纖感測器。



圖十一 感測區域深度



圖十二 雕刻光纖凹槽

5. 進行糖類(果糖、蔗糖、葡萄糖)調配，透過糖度計檢測確認濃度，分別為 0%、10%、20%、30%、40% 之濃度。



圖十三 ATAGO 糖度計



圖十四 超音波震盪機

超音波震盪機：

本研究所使用的超音波震盪機(D80H，Delta，Inc)，主要是將光纖研磨後的露出感測區清理乾淨，或將糖水震盪至透明均勻狀態。

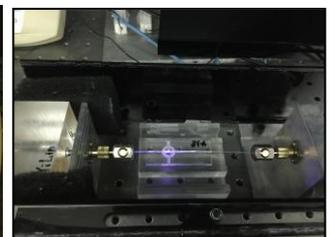
6. 將多波長光源接線組合，調整適當光功率輸出光源，利用九種波長(表一)進行量測；首先利用一個未雕刻凹槽區的光纖感測器，進行量測作為校正標準值，觀察輸出光源是否穩定，確認之後再將光纖感測器放入輸出端與接收端中，過程中避免光和或震動...等會影響數據準確性的原因，之後將待測溶液滴定於感測區域上。



圖十五 多波長光源(控制器)



圖十六 光功率計



圖十七 光纖感測器

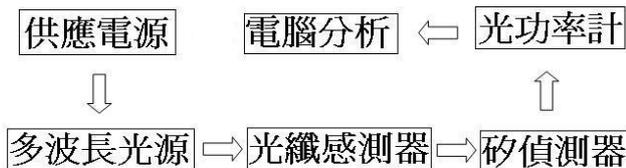
光功率計：

本光功率計(842-PE，New Port，Ine)可將電流訊號顯示成為數位訊號，將光功率計連接到電腦，即可做訊號的分析及儲存，本光功率計可量測到的功率範圍為 10kw 到 5pw。

型號	波長(nm)	顏色
WLS-LED-0365-02	365	紫外光
WLS-LED-0400-05	400	
WLS-LED-0470-03	470	
WLS-LED-0530-03	530	
WLS-LED-0590-03	590	
WLS-LED-0625-03	625	
WLS-LED-0740-03	740	
WLS-LED-0850-02	850	不可見光
WLS-LED-0940-02	940	不可見光

表一 多波長光源對應的九種波長

7. 光強度量測系統:首先將多波長光源開啟,並且先在感測區滴定蒸餾水,讓光纖吸水約 30 分鐘(為了讓光纖有更佳的親水性),同時讓光功率計熱機 1 小時,待訊號穩定後再加入待測溶液進行量測。本實驗利用蔗糖水、果糖水、葡萄糖水做為待測液進行測量,實驗時將室內燈光、機器關閉,以降低光和噪音對實驗的影響因素。



圖十八 光強度量測系統示意圖

8. 將蔗糖、果糖、葡萄糖的 10%、20%、30%、40% 溶液進行分析,並將量測數據之光強度和標準差繪製成表格。整理完後以 Origin85 軟體繪製出蔗糖溶液、果糖溶液以及葡萄糖溶液的折射率和光功率關係圖。

感測解析度(Sensor Resolution)計算:

感測解析度是用於衡量儀器之解析度的重要指標之一,最被接受的定義為:在已知可信度內,測得之分析物數據的最小值,每一階訊號標準差數值的平均值,平均標準差數值表示訊號變動量的誤差,也包含系統誤差和操作誤差。公式(2)的感測斜率(Slope)是每一階訊號的數值平均值,再利用線性回歸方式求出感測斜率,一般來說感測斜率越大,階梯狀訊號上升幅度也越大,表示感測能力越好。[6]

$$S.R. \equiv \frac{3.3 \times STD_{avg}}{Slope} \quad (2)$$

S.R.: 感測器解析度
 STD_{avg} : 平均標準差
 Slope: 感測斜率

9. 將蔗糖溶液、果糖溶液、葡萄糖溶液,進行量測,根據其頻譜圖趨勢,可觀察出每種糖類之差異。

10. 再根據此糖溶液對應之最佳偵測靈敏度的頻譜圖,依照其一次曲線方程式,將量測數據代入,即可得知糖水的濃度。

三 結果與討論

1. 我們使用 Origin85 軟體分析蔗糖、果糖、葡萄糖的 10%、20%、30%、40% 溶液,繪製一次曲線圖,觀察其 R Square 是否接近 1;再進行二次曲線圖繪製,觀察其標準差(STD)是否大於標準值,完成後,找出各糖類的最佳偵測靈敏度(S.R)作為待測溶液濃度對照圖。

波長	365nm	400nm	470nm	530nm	590nm	625nm	740nm	850nm	940nm
項目									
Slope (uW/RIU)	1.64	467	1273	237	393	1621	1842	2309	879
R ²	0.9962	0.7847	0.941	0.9147	0.9292	0.909	0.9178	0.9851	0.9264
STD (uW)	2.74x10 ⁻⁴	3.6x10 ⁻³	2.46x10 ⁻²	5.3x10 ⁻²	1.09x10 ⁻¹	2.22x10 ⁻⁴	3.14x10 ⁻¹	2.98x10 ⁻¹	3.46x10 ⁻²
S.R	5.86x10 ⁻⁷	7.71x10 ⁻⁵	1.93x10 ⁻⁴	2.23x10 ⁻⁴	2.77x10 ⁻⁴	1.37x10 ⁻³	1.7x10 ⁻⁴	6.38x10 ⁻⁴	3.93x10 ⁻⁵

表二 葡萄糖

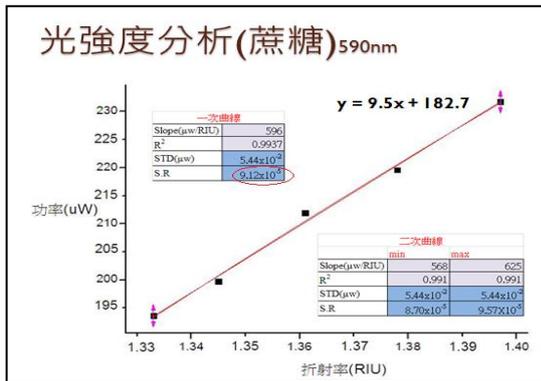
波長	365nm	400nm	470nm	530nm	590nm	625nm	740nm	850nm	940nm
項目									
Slope (uW/RIU)	2.59	1522	3205	1487	596	2711	3521	3518	3718
R ²	0.9629	0.9729	0.9886	0.9734	0.9937	0.9987	0.9994	0.9649	0.9413
STD (uW)	1.68x10 ⁻³	6.23x10 ⁻¹	3.28x10 ⁻¹	2.84x10 ⁻¹	5.44x10 ⁻²	4.29x10 ⁻¹	7.79x10 ⁻¹	5.72x10 ⁻¹	3.75x10 ⁻²
S.R	6.48x10 ⁻⁴	4.09x10 ⁻⁴	1.02x10 ⁻⁴	1.91x10 ⁻⁴	9.12x10 ⁻⁵	1.58x10 ⁻⁴	2.21x10 ⁻⁴	1.63x10 ⁻⁴	1.01x10 ⁻⁵

表三 蔗糖

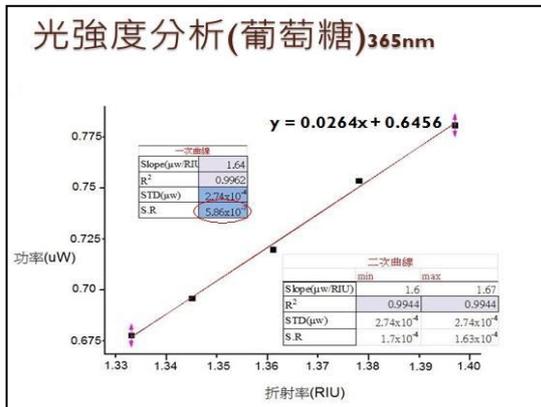
波長	365nm	400nm	470nm	530nm	590nm	625nm	740nm	850nm	940nm
項目									
Slope (uW/RIU)	2.48	260	2084	1265	579	2532	2515	2429	867
R ²	0.9985	0.9948	0.9933	0.8726	0.9913	0.986	0.981	0.9968	0.9433
STD (uW)	4.24x10 ⁻⁴	3.24x10 ⁻³	2.54x10 ⁻¹	1.30x10 ⁻¹	3.66x10 ⁻²	2.56x10 ⁻¹	5.10x10 ⁻¹	3.72x10 ⁻¹	1.5x10 ⁻¹
S.R	1.7x10 ⁻⁴	1.24x10 ⁻⁴	1.22x10 ⁻⁴	1.03x10 ⁻⁴	6.32x10 ⁻⁵	1.01x10 ⁻⁴	2.03x10 ⁻⁴	1.53x10 ⁻⁴	1.73x10 ⁻⁴

表四 果糖

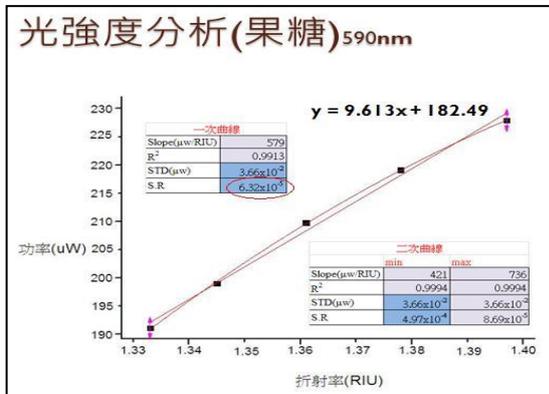
2. 糖水種類得知後,在根據各自的最佳偵測靈敏度的頻譜圖(蔗糖:590nm、葡萄糖:365nm、果糖:590nm),將測得的數據代入一次曲線方程式中,即可得知濃度。



圖十九 蔗糖 590nm 曲線圖

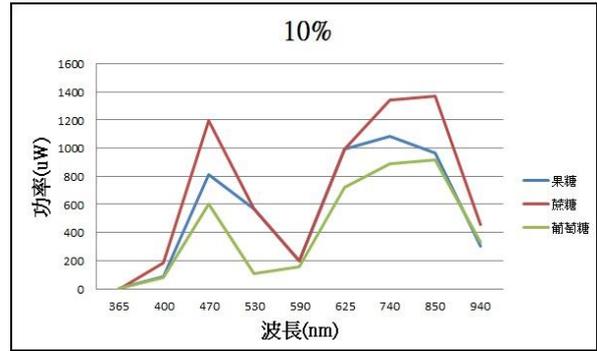


圖二十 葡萄糖 365nm 曲線圖

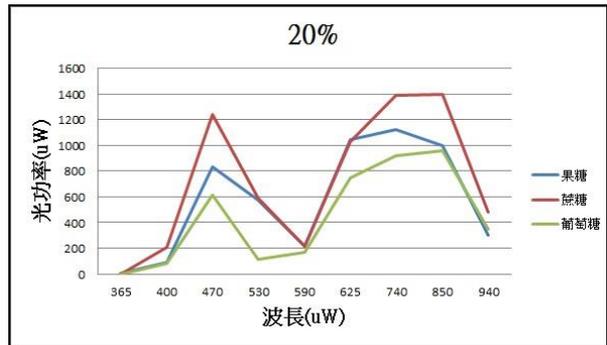


圖二十一 果糖 590nm 曲線圖

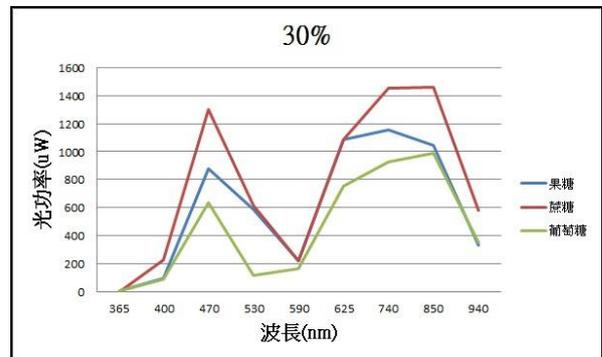
3. 將各濃度(10%、20%、30%、40%)，利用九種波長之光源進行量測，再經由 Origin85 進行光強度分析成折線圖，之後將折線圖彙整由同濃度不同糖類進一步做編排，觀察各濃度之特性。



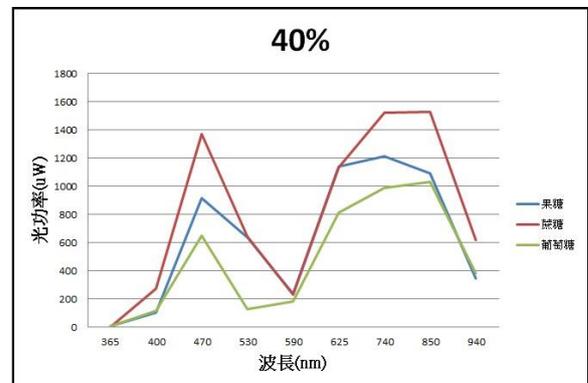
圖二十二 濃度為 10% 不同糖類之折線圖



圖二十三 濃度為 20% 不同糖類之折線圖

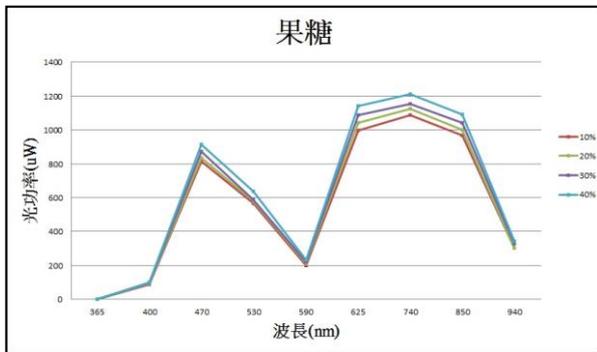


圖二十四 濃度為 30% 不同糖類之折線圖

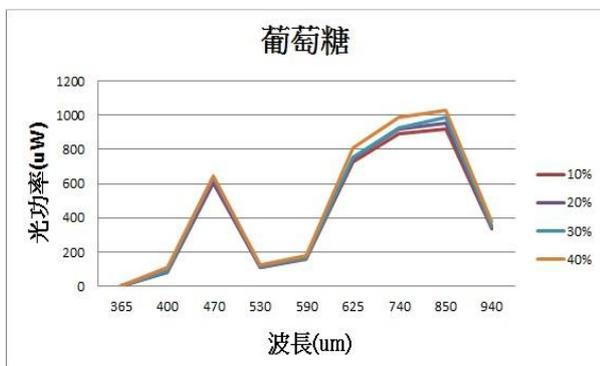


圖二十五 濃度為 40% 不同糖類之折線圖

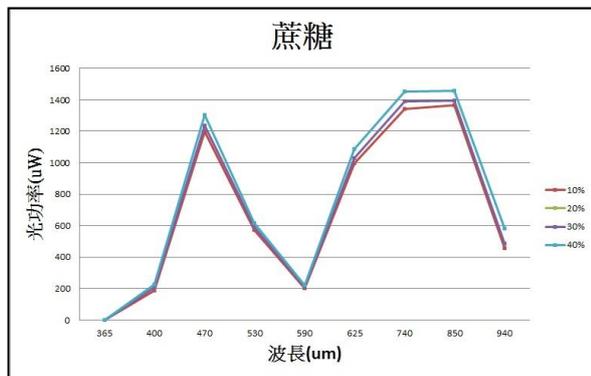
3. 將各糖類(葡萄糖、果糖、蔗糖)，利用九種波長之光源進行量測，再經由 Origin85 進行光強度分析成折線圖，之後將折線圖彙整由相同糖類不同濃度之折線圖，進行編排，觀察各糖類之特性在進行辨別。



圖二十六 果糖之各濃度折線圖



圖二十七 葡萄糖之各濃度折線圖



圖二十八 蔗糖之各濃度折線圖

四 結論

1. 經由本實驗之光功率與折射率之關係圖，發現到 590nm、530nm、940nm，這三個波段時，功率較小，表示此波長和光強度並非成正比。
2. 透過 Origin85 軟體，將蔗糖、果糖、葡萄糖的四種(10%、20%、30%、40%)濃度之溶液去配合 9 種光

波長，進行分析後發現到，葡萄糖(365nm)、蔗糖(590nm)、果糖(590nm)，分別為三種糖類中所代表解折度(S.R)最佳的。

3. 此實驗是針對純糖溶液進行檢測，未來可以嘗試利用市售糖類或其他溶液進行檢測，使運用的範圍更加廣泛。

五 致謝

本次專題實驗首先要感謝指導老師許益誠教授的諄諄教誨，不時指導與提供方向，去找出問題點立即改善，在百忙之中撥空解惑，提供正確的解決方法，使得本專題研究之內容更加完善、更具有參考性，使我們受益良多，謹此向老師致上我們最真誠的感謝。

在專題研究過程期間，要感謝實驗室的兩位研究生學長，宇宸學長及俊豪學長，感謝學長們分享許多實驗上經驗，教導正確操作儀器的技巧，耐心的陪伴著我們，也不厭其煩的教導，提醒著過程中可能會發生的問題與狀況，使實驗中可以更加的流暢，還有非常感謝吳偉特教授實驗室的學長願意提供實驗儀器讓我們進行實驗，也提供我們很多有建設性的建議，因為有你們才能使我們的研究進行得更順利。

最後要感謝我們身邊的朋友，在專題研究的這日子，給予我們鼓勵與打氣，在遇到難關沒有頭緒時，陪我們一起面對、放鬆心情，這些無形的力量，也是使我們持續向前的動力之一，真的很謝謝你們。

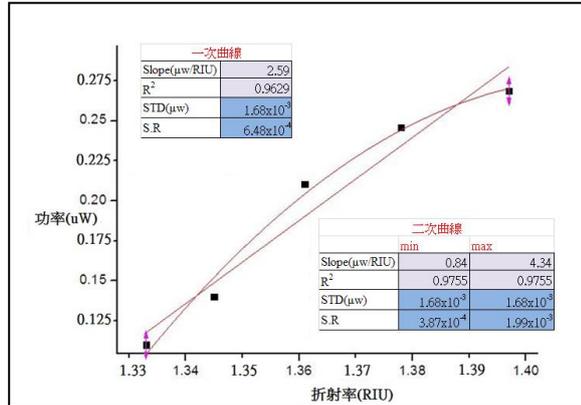
六 參考文獻

- [1] 胡志得，2009，以側項研磨法製作光纖感測器即感測區尺寸參數探討 國立屏東科技大學生物機電工程研究所 碩士學位論文
- [2] 朱祐陞，2016，迴圈反射鏡式錐形光纖干涉儀感測器研究，碩士論文，國立屏東科技大學，生物機電工程系研究所
- [3] 黃百晟、陳博喻、蔡昀暹，2014，利用光纖感測器量測葡萄果汁甜度變化之研究，國立屏東科技大學生物機電工程系
- [4] 郭浩中、賴芳儀、郭守義，2013，LED原理與應用(第3版)，五南出版社
- [5] 方煒、林清源，2005，發光二極體在生物產業的應用，國立台灣大學生物產業機電工程學系。
- [6] 陳志霖，2012，以側向研磨法製作不同尺寸U型

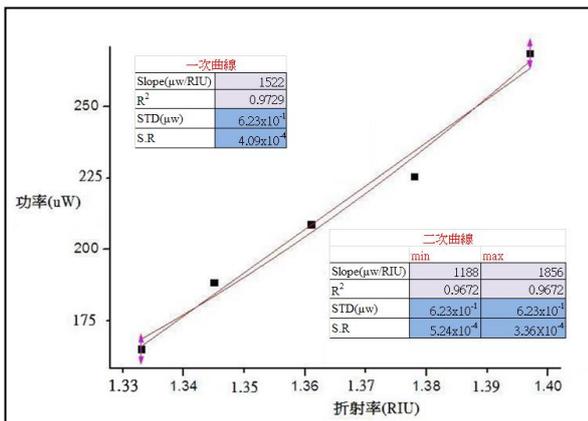
光纖感測器及其研磨深度對感測解析度之影響，碩士論文，國立屏東科技大學，生物機電工程研究所

[7]吳曜東，2001，「光纖原理與應用」，全華科技圖書股份有限公司，台北。

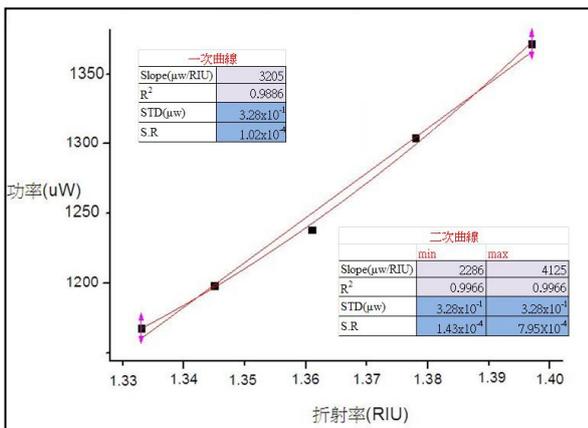
七 附錄



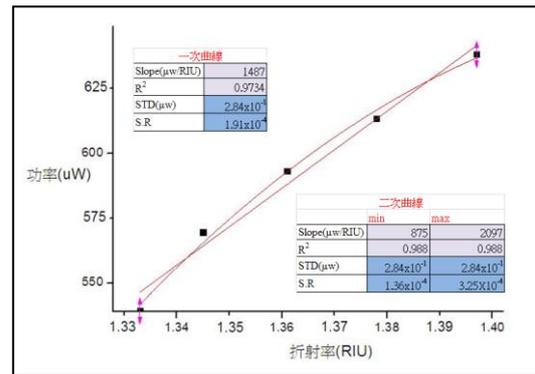
圖二十九 光強度分析(蔗糖)365nm



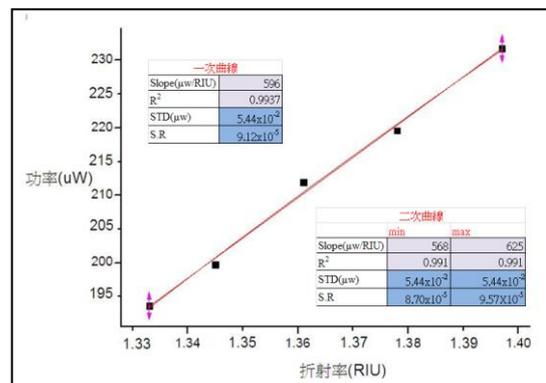
圖三十 光強度分析(蔗糖)400nm



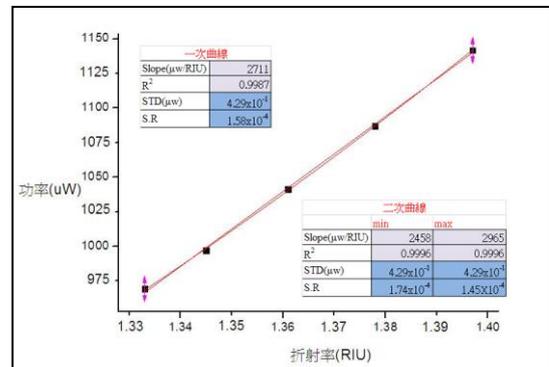
圖三十一 光強度分析(蔗糖)470nm



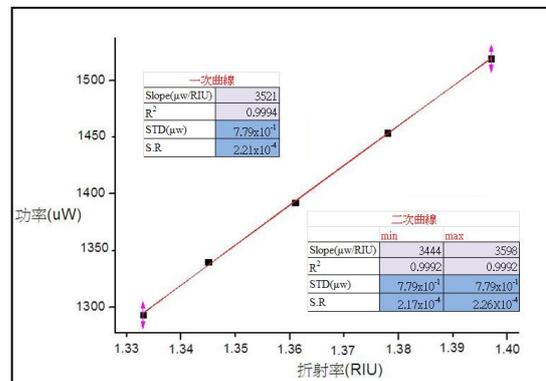
圖三十二 光強度分析(蔗糖)530nm



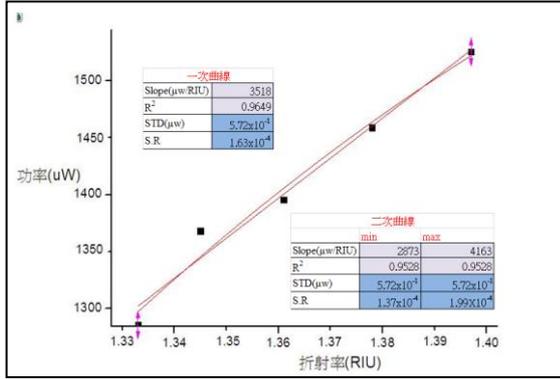
圖三十三 光強度分析(蔗糖)590nm



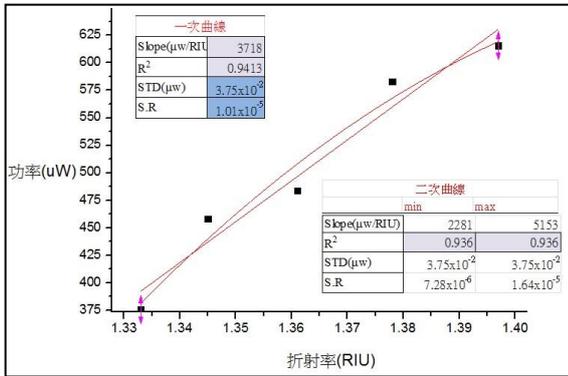
圖三十四 光強度分析(蔗糖)625nm



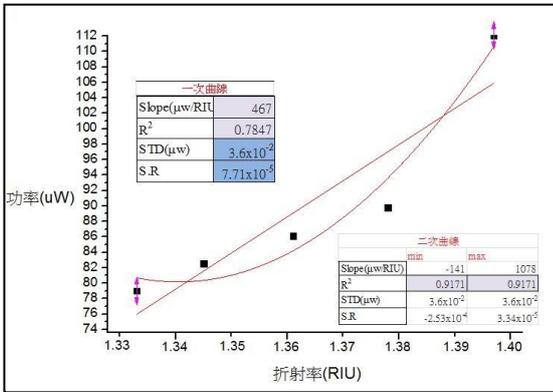
圖三十五 光強度分析(蔗糖)740nm



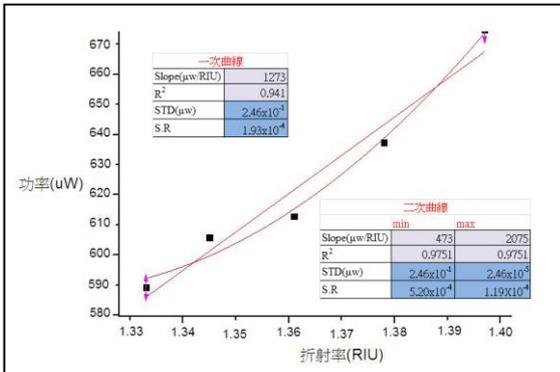
圖三十六 光強度分析(蔗糖)740nm



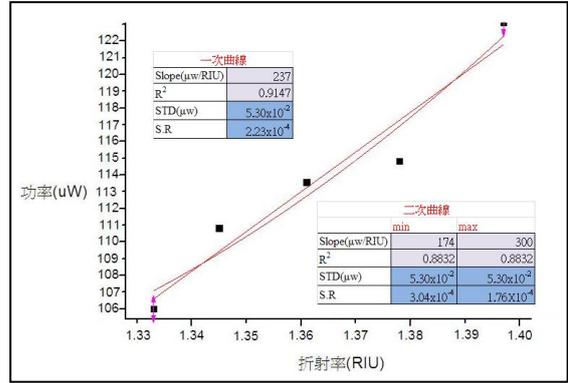
圖三十七 光強度分析(蔗糖)850nm



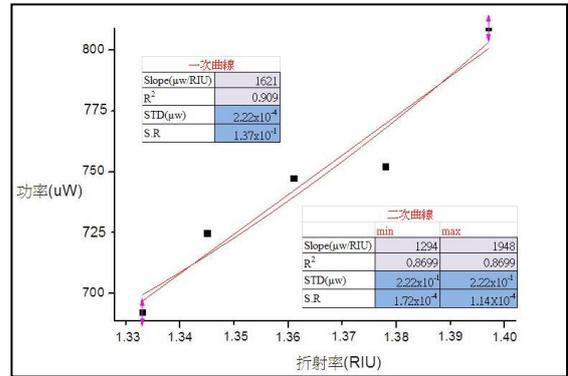
圖三十八 光強度分析(葡萄糖)400nm



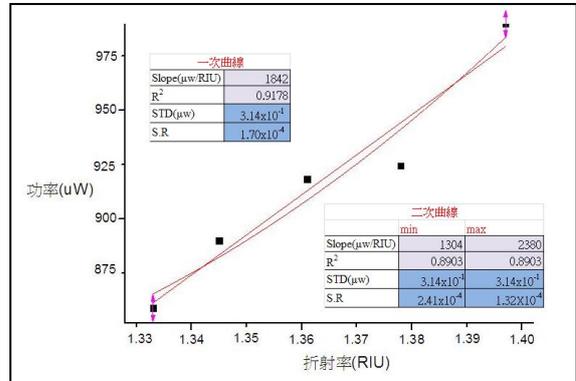
圖三十九 光強度分析(葡萄糖)470nm



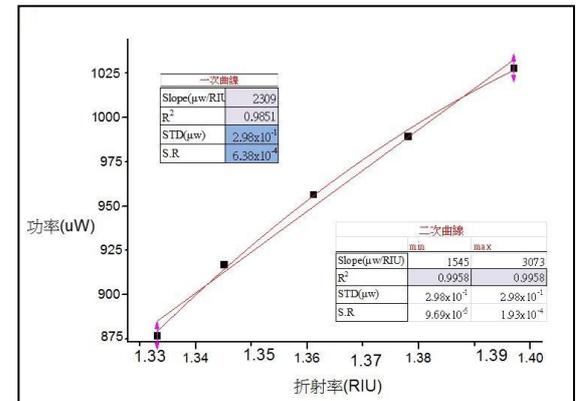
圖四十 光強度分析(葡萄糖)590nm



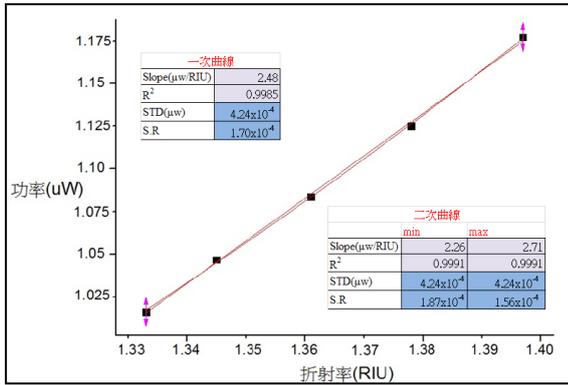
圖四十一 光強度分析(葡萄糖)625nm



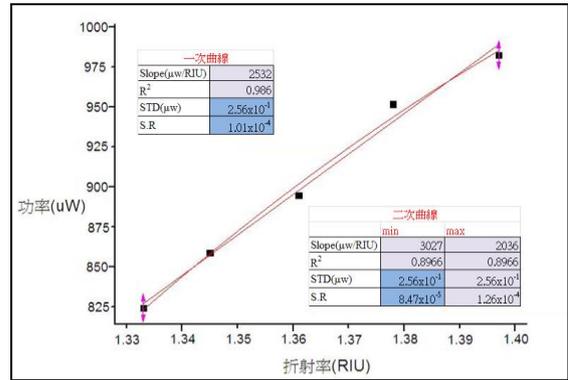
圖四十二 光強度分析(葡萄糖)740nm



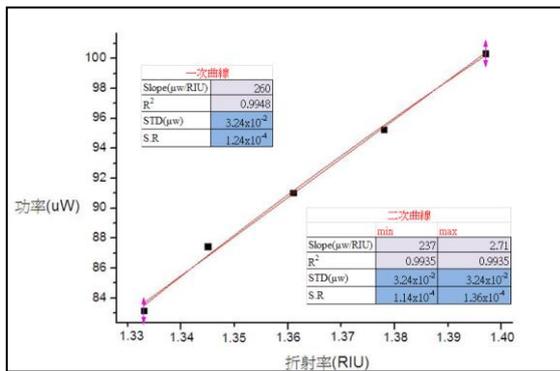
圖四十三 光強度分析(葡萄糖)850nm



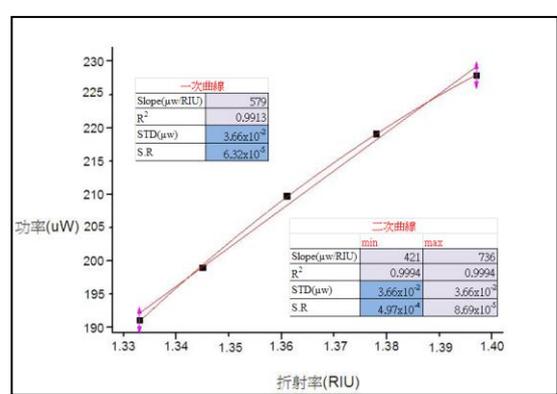
圖四十七 光強度分析(果糖)530nm



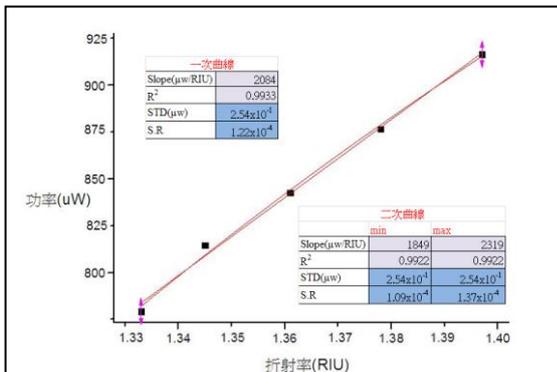
圖四十四 光強度分析(果糖)365nm



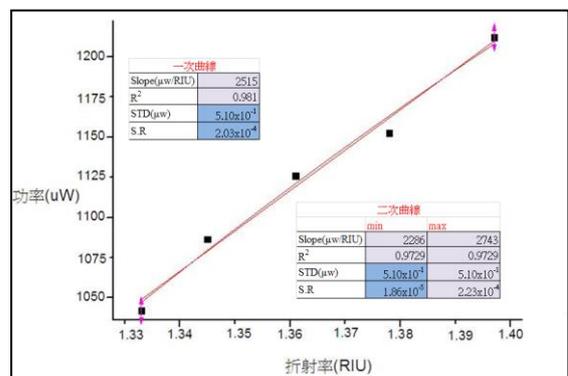
圖四十八 光強度分析(果糖)590nm



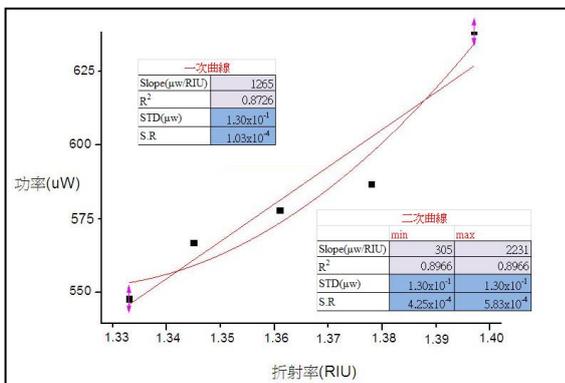
圖四十五 光強度分析(果糖)400nm



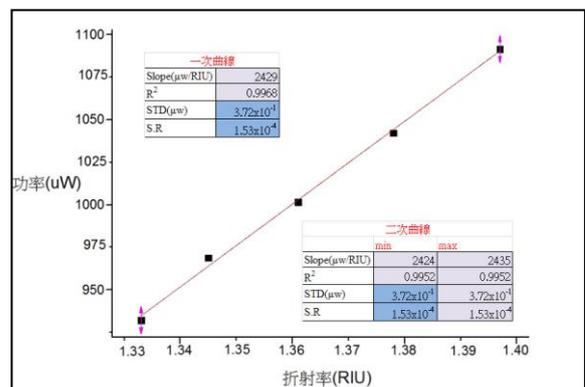
圖四十九 光強度分析(果糖)625nm



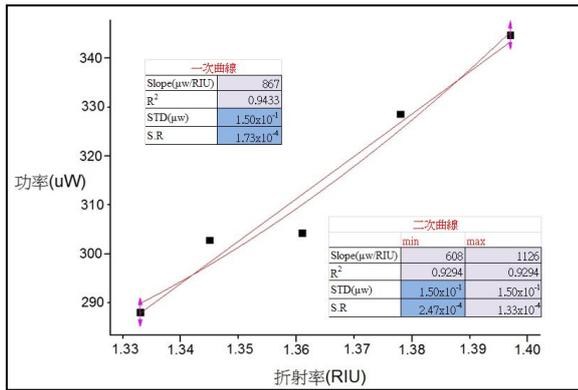
圖四十六 光強度分析(果糖)470nm



圖五十 光強度分析(果糖)740nm



圖五十一 光強度分析(果糖)850nm



圖五十二 光強度分析(果糖)940nm

Study on Detection of Different Carbohydrate by Multi-wavelength Light Source

Author: Yi-Ping Huang
Keng-Ho Lin

Advisor : Yi-Cheng Hsu

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

Abstract

This experiment mainly applied laser engraving machine for processing of plastic optical fiber to form a fiber sensor. The engraved trench on the fiber is sensing area. The multi-wavelength light source including nine wavelengths is used to measure concentration change of samples on the sensing area by the transmitting light signal. The three different carbohydrate solutions by sucrose, glucose and fructose with concentration 10, 20, 30 and 40% are employed in this study. The measured transmitting light signals are analyzed by the software Origin85. The results show that different carbohydrates have different optical spectrum and most sensitive S.R. for distinguishing and detail concentration.

探討農業植保機的下洗氣流及 側風對噴霧的影響

專題生：王耀輝、王易庭、陳至義

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

本實驗主要是模擬植保機在有無下洗氣流的狀態下，側風對噴霧的影響，及在同樣的條件下，對不同種類噴嘴又會有什麼樣的影響。我們也藉由 Arduino 控制電壓來調整水壓，以及小型風洞控制風速，最後用雷射光頁照射噴霧做影像處理，檢測不同噴嘴在不同水壓還有不同側風風速下，植保機下洗氣流及側風對其的影響。由實驗結果我們得知：下洗氣流對噴嘴垂直距離 8cm 位置的噴霧角影響不大。在垂直距離噴嘴 19.5cm 的位置下洗氣流可以減少側風所照成噴霧飄散的影響。F100 015 噴嘴因噴霧角是最小的所以側風及下洗氣流的影響最小。

關鍵字：噴嘴、下洗氣流、植保機

一、前言

隨著無人機概念被炒熱，大眾開始關注並且接受這個新鮮的事物，植保機也隨之誕生，由各家廠商統計的數據來看，植保機作業的效率是傳統人工噴灑 40-50 倍，這樣的效率也造福許多的農民[1]。但近期環保意識逐漸抬頭，過多藥物的噴灑，會對環境造成不利的影響，也容易有農藥過多殘留的疑慮。所以在植保機的噴藥上，不只是效率的增加，對於農藥的噴灑量也應該有清楚的認識及控制[2]。為此我們對植保機噴出來的噴霧是否會受到下洗氣流跟來向側風的影響？又有多少的影響？產生

了興趣，製作了此專題。本專題藉由製造下洗氣流及來向側風，最後進行影像處理，觀察其對噴嘴的影響。首先我們參考了中航工業西安飛行自動控制研究所，在 2014 年做的植保無人 AF811 直升機作業系統中的飛噴系統及周立新、薛新宇、孫竹、秦維彩、張宋超、孔偉等人在 2013 年做的無人直升機農藥噴灑系統的設計及應用[3][4]，來製作我們的飛噴系統，再依據南京農業大學航空施藥旋轉液力霧化噴頭性能試驗中，指出的適合無人機的旋轉液力霧化噴頭的最佳工作參數：電機電壓為 10 V[5]，我們做了與此數據接近的電壓並分別再做兩種不同的電壓及側風風速。我們還參考了農業部南京農業機械化研究的 N-3 型農用無人直升機航空施藥飄移模擬與試驗中發現的當側風風速為 1 m/s 和 2 m/s 時，藥液在無人機行進後方的最大沉積量的位置沒有發生變化。當側風風速達到 3 m/s 時，藥液在直升機行進的後方、側風風向的下方發生了明顯的上揚現象[6]。依照此結論決定做 2m/s，4 m/s，6 m/s，等三組不同的側風風速。觀察小型四軸無人飛行器的下洗氣流對噴霧的影響，盼望可以找出影響較低的噴嘴，藉以改善此種情況。

二、研究方法

2.1 實驗設備

2.1.1 小型四軸無人飛行器

本次實驗用的小型四軸無人飛行器為網路上常見的飛行器，因為實驗用故選價格較便宜的飛行器。



圖 1. 小型四軸飛行器

2.1.2 噴灑系統

本次實驗用的噴灑系統經緯航太公司提供的噴灑系統，因台灣較少小型抽水馬達可以達到植保機噴嘴工作壓力，故和老師討論後決定選用經緯航太的噴灑系統。



圖 2. 噴灑系統

2.1.3 噴嘴

本次實驗採用了 F100 015(綠色)、F100 04(紅色)、XR110001(橘色)等三種噴嘴，因彼此的噴霧角差異較大，故選用此三種噴嘴。

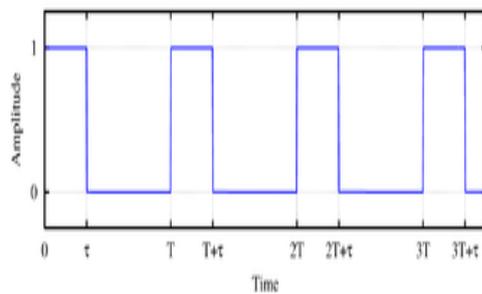


圖 3. 噴嘴

2.1.4 PWM 電壓控制

本專題為了要控制流量所以選用 arduino uno 板搭配 DBH-01B 來控制噴水泵的電壓，藉

由編寫控制 PWM 的程式輸入進去 arduino uno，我們便能改變 DBH-01B 的輸出電壓。PWM(脈波寬度調變信號)顧名思義就是可以調變脈波寬度的信號，藉由調整一連串脈波的占空比 (Duty Cycle) 來控制輸出的電壓，占空比的定義為產生正脈衝的持續週期與總脈衝的總週期。例如：脈衝寬度 $1\mu s$ ，信號周期 $2\mu s$ 的脈衝序列占空比為 0.5。在本次實驗中我們總共用了 3 種 PWM 數值，分別為 150、200、250，對應的水壓為 32psi，40psi，42.5psi。



占空比為脈衝持續時間(τ)
與總脈衝週期(T)的比值(τ/T)



圖 4. DBH-01b

2.1.5 雷射系統

為了觀察噴霧飄散的位置及方向需要使用雷射光照射噴霧，在本次實驗中，雷射光要與噴霧重疊。



圖 5. 雷射系統

2.1.6 小型風洞

產生可控制的來向側風，模擬自然界所產

生的風。



圖 6. 小型風洞

2.1.7 影像處理

影像處理方式，主要以噴霧所產生的倒V夾角，每側各找出兩點坐標各劃一直線(後面程式介紹中會很清楚了解)，以坐標找出各直線斜率，在由兩交叉直線斜率求出兩直線夾角 θ 。

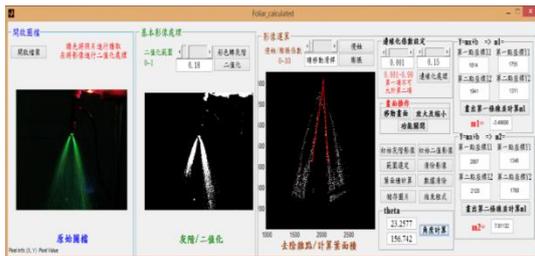


圖 4. 影像處理介面

2.1.8 整體系統



圖 5. 整體系統圖

2.2 實驗儀器及規格

2.2.1 儀器規格

名稱	廠牌	規格	用途
四軸無人機	DW.005	四軸飛行器	產生下洗氣流
風洞機	瑞領科技股份有限公司	粒子直徑 30 μm 形狀：方形	產生側向氣流
馬達	普蘭迪	工作電壓:DC12V 工作電流:1.8A 最大揚程:10米 外部尺寸:160m*100m*60m	輸送水壓至噴嘴噴霧
雷射	上宸光學	POWER:85V~265V LASER OUTPUT:>500MW	將雷射光照射在噴霧上，增加噴霧的可視化
DBH-01b	德源科技	額定電壓:3v-15v 額定電流:50A (MAX) 峰值電	控制馬達電壓大小

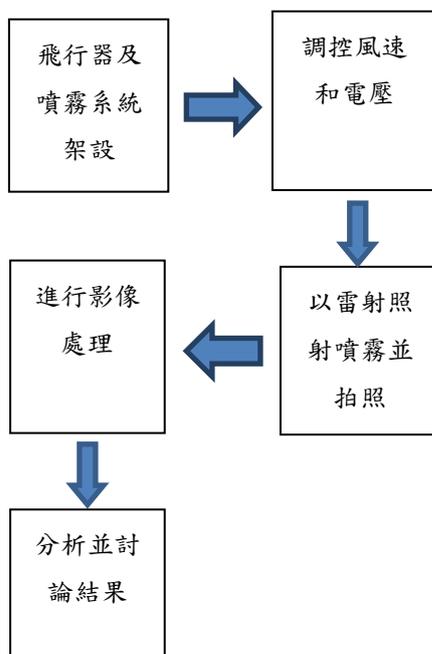
		流：100A (MAX)	
--	--	-----------------	--

2.2.2 噴嘴規格

噴嘴型號	壓力 (Mpa)	流量 (L/min)	噴霧角 (°)
F100 015 (綠色)	0.2	0.479	110
	0.3	0.6	110
	0.4	0.693	110
F100 04 (紅色)	0.2	1.306	110
	0.3	1.6	110
	0.4	1.848	110
XR110001 (橘色)	0.41	0.43	110

2.3 實驗步驟和數據處理

2.3.1 實驗步驟



2.3.1.1 飛行器及噴霧系統架設

1. 利用可伸縮性的柱子當成固定飛機的支撐點。
2. 柱子底部採用圓筒狀中空的平台(可裝水增加穩定性)。
3. 柱子頂端，利用 CO2 焊接連接鐵片，製作出可以固定的平台。
4. 利用 3D 列印，製作出圓盤來連接柱子及飛行器。
5. 利用 3D 列印，製作出可連接噴嘴及飛行器的轉接座。

2.3.1.2 調控風速和電壓

2.3.1.2.1 調控電壓

將程式編譯好後輸入 arduino uno 板，以控制 DBH-01b，調整其 PWM 值即可得到對應的電壓值，進而調整水壓。

2.3.1.2.2 調控風速

直接調整風速機上的旋鈕即可調整風速。

2.3.1.3 雷射照射噴霧並拍照

1. 先將電源供應器連接雷射本體。
2. 打開電源供應器開關。
3. 矯正雷射至和噴霧平面平行。
4. 從和雷射光成 90 度，距離噴嘴約 1.2m 的距離拍攝照片。

2.3.1.3 進行影像處理

2.3.1.3.1 噴霧較霧計算

1. 開啟事先寫好的影像處理程式。
2. 選擇欲用來分析的圖檔，載入程式。
3. 調整適當的二值化數值，並點選二值化選項。
4. 邊緣化處理，去除雜點
5. 從噴霧倒 V 形影像兩側，找出影像兩側共 4 點座標，填入坐標即可計算出斜率 m_1, m_2 ，進而算出其噴霧角。

2.3.1.3.1 噴霧長度計算

1. 選擇欲分析照片
2. 用尺量測照片中的比例尺(實際長度 10cm)，

依照照片量測出的長度和實際長度做比例的換算

3. 量測照片中垂直距離噴嘴 19.5cm 位置噴霧的長度，並依比例換算出實際噴霧長度。

三、結果與討論

3.1 噴嘴噴霧角度分析(噴霧離噴嘴垂直距離約 8cm)

200	不轉	96.6	95.5	94.53	95.5
	轉	97.4	93.9	96.76	96
255	不轉	98.7	96.5	98.3	97.8
	轉	93	96.6	98.06	95.9

3.4 噴嘴噴霧角長度分析(噴霧離噴嘴垂直距離約 19.5cm)

3.4.1 噴嘴水平距離出風口 20cm

表 3.1 XR110001 角度分析(單位 度)

PWM	次數	1	2	3	平均值
		150	不轉	124.44	
	轉	123.91	125.78	125.17	124.95
200	不轉	124.92	125.96	124.21	125.03
	轉	125	126.5	124.09	125.2
255	不轉	125.92	126.89	127.53	126.78
	轉	126.74	126.96	125.15	126.28

表 3.4 XR110001 長度分析(單位 cm)

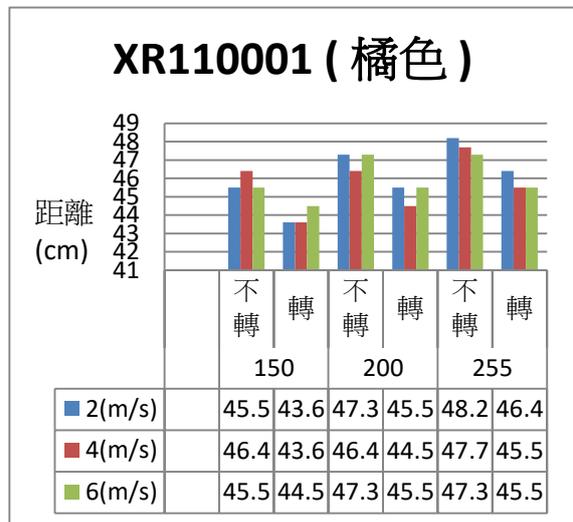


表 3.2 F100 04 角度分析(單位 度)

PWM	次數	1	2	3	平均值
		150	不轉	105.8	
	轉	106.2	106.5	103.2	105.3
200	不轉	104.8	108.3	109.3	107.5
	轉	109.9	107.1	108.2	108.4
255	不轉	108.1	106.1	108.6	107.6
	轉	109.3	109.8	110.1	109.7

表 3.5 F100 04 長度分析(單位 cm)

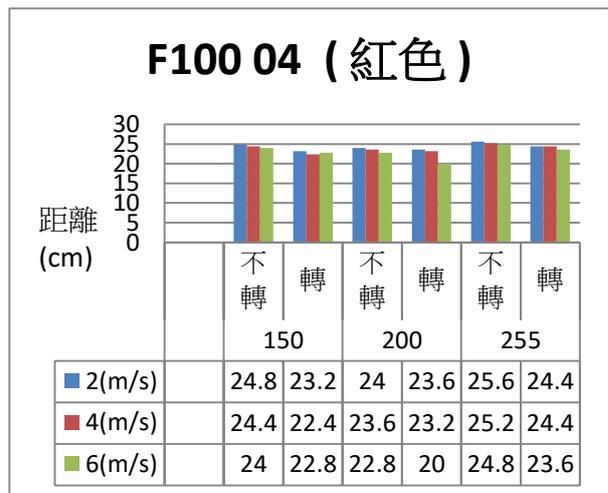
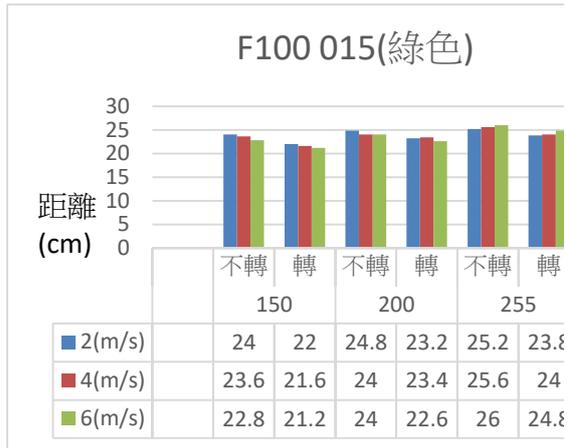


表 3.3 F100 015 角度分析(單位 度)

PWM	次數	1	2	3	平均值
		150	不轉	95.9	
	轉	94.9	94.3	94.3	94.5

表 3.6 F100 015 長度分析(單位 cm)



3. 4. 2 噴嘴水平距離出風口 40cm

表 3.7 XR110001 長度分析(單位 cm)

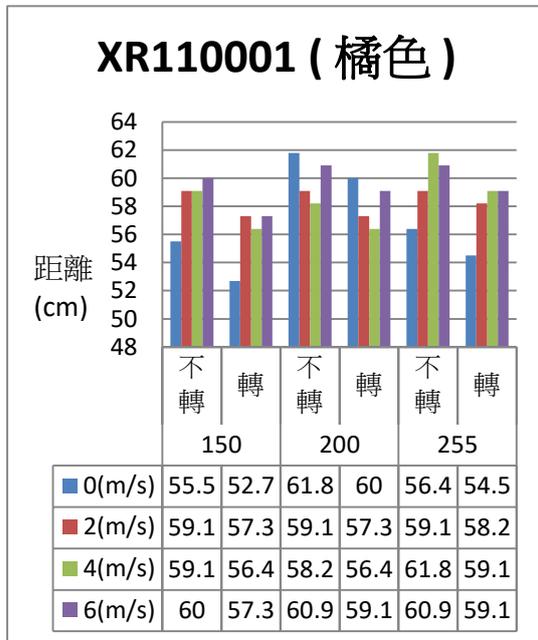


表 3.8 F100 04 長度分析(單位 cm)

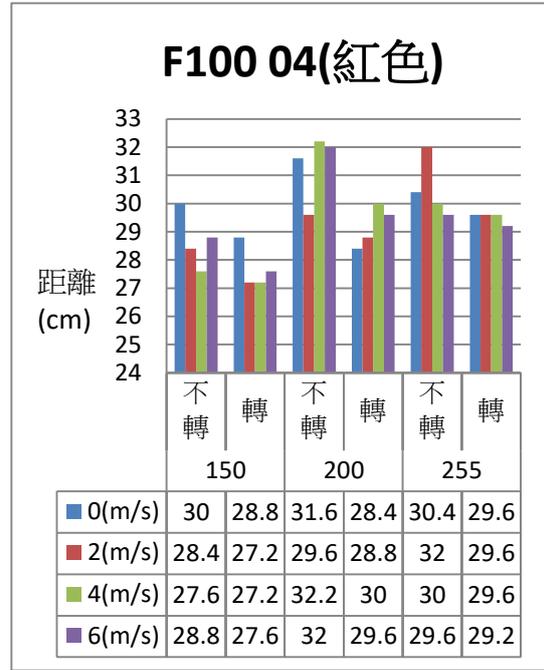
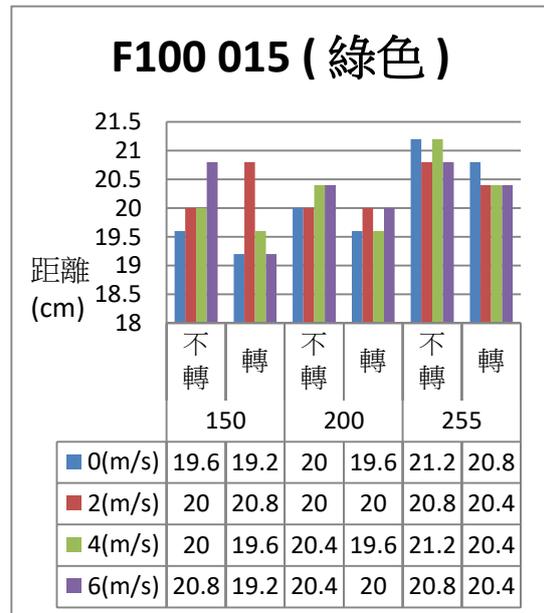


表 3.9 F100 015 長度分析(單位 cm)



1. 由表 3.1-3.3 可觀察出下洗氣流對垂直距離噴嘴 8cm 位置的噴霧角影響較不明顯。
2. 由表 3.4-3.9 可觀察出在有下洗氣流的情

況下，垂直距離噴嘴 19.5cm 的位置，噴霧長度較沒有下洗氣流短，也就是說在有下洗氣流下，較能抑制噴霧擴散。

3. F100 015 噴嘴整體的變化較小，因為其噴霧角較小。
4. 由整理實驗結果可觀察到，噴嘴水平距離出風口 40cm 的位置較水平距離 20cm 的位置噴霧飄散的較嚴重，這是因噴嘴水平距離出風口 20cm 的位置所吹出來的風較多會到達噴霧的稠密區，所以噴霧較不容易飄散。

四、結論

本實驗藉由風速，水壓，有無下洗氣流，觀察其噴霧角度、長度的改變，得知以下結論：下洗氣流對噴嘴初始的角度(垂直距離噴嘴 8cm)影響不大。在垂直距離噴嘴 19.5cm 的位置，下洗氣流可以減少由側風造成噴霧飄散的距離。F100 015 噴嘴穩定性較其他兩種噴嘴好。希望藉由以上發現，來改善植保機對農作物噴灑農藥的準確性，減少農藥過多噴灑的情形。

五、致謝

首先謝謝苗志銘教授在製作專題這段時間的耐心指導，也感謝吳振源博士的在流體計算上的建議，以及實驗室學長的 arduino 的使用方式以及程式撰寫，使我們在過程中能克服一次又一次的困難，學習到了很多。也謝謝所有幫忙完成這次實驗的同學，感謝他們提供的一些建議及指導我們才可以完成這次的實驗。

六、參考文獻

- [1] 周文發，2014，淺談單(多)旋翼植保施藥機械。
- [2] 王立偉、丁國榮、蔡東林、吳建浩、朱正陽、邱白晶，2013，小型無人直升機飛行速度對噴霧沉積的影響。

[3] 唐強、史龍、雷志榮、李國玉、楊占凱，2014，AF811 植保無人直升機作業系統。

[4] 周立新、薛新宇、孫竹、秦維彩、張宋超、孔偉，2013，無人直升機農藥噴灑系統的設計及應用。

[5] 茹煜、金蘭、周宏平、賈志成，2014，航空施藥旋轉液力霧化噴頭性能試驗。

[6] 張宋超、薛新宇、秦維彩、孫竹、丁素明、周立新，2015，N-3 型農用無人直升機航空施藥飄移模擬與試驗。

[7] 奧工噴霧來源，2016 您知道各種霧化噴嘴的優點和缺點嗎？

<https://read01.com/ekj0R2.html>

[8] 卓泰科技，2014，使用 L298N 控制直流電機。

<http://forum.godpub.com/article-2-1.html>

七、附錄

Chamber

WANG, YI-TING, CHEN, ZHI-YI

WANG, YAO-HUI

Advisor: Jr-Ming Miao

The experiment is mainly to observe the impact of downwash and cross wind on the spray, under the simulation of turning on and off the downwash of plant protection machine; and the impact on different types of jets under the same condition. We also control the voltage to adjust water pressure by Arduino, and control wind speed by small-scale wind tunnel. Finally, we use laser to irradiate spray to do image processing, in order to

know the influence on the spray by downwash and cross wind of plant protection machine, under different types of jets, water pressure under the speed of cross wind. From results of the experimental, we know: The downwash has little effect on the spray angle of the jet at a vertical distance of 15CM. The downwash can correct the influence of spray wafting caused by the cross wind. The spray angle of the jet F100 015 is the smallest. Therefore the influence of cross wind of downwash is the minimal.

Keywords: jet , downwash , plant protection machine

立體植栽系統改良之研究

學生姓名：季孟宣、陳昱辰、黃柏翰

指導老師：苗志銘博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

在現今產業中，機械取代人力已是趨勢，且隨著科技進步，自動控制技術日漸成熟普及。氣候變遷極端，使用溫網室種植的人數增加，為充分利用設施空間，提高單位面積產能，採行立體栽培等措施。研究改良溫室內立體植栽系統，除了改善原有系統的缺失，本專題結合了灑水系統及自動控制，用 Arduino 撰寫一能調整角度並定時的程式，配合 Arduino uno 控制伺服馬達作動，以達到自動旋轉灑水之目的。

關鍵字：Arduino、立體植栽系統、自動控制。

一、引言

a. 研究背景

本專題旨在發現及改良溫室內原有的立體栽培系統，本系統係以簡化、模組、便利的理念，在陽光、空氣、濕度、水、養分，在生物基本元素上建構：主體建物、正壓降溫、自動灑水與供養等系統，並搭配栽培種植架構進行立體栽培，其使使用者種植作物使用較低的勞動力與成本，並建立出一套合宜台灣環境氣候的溫網室[1]。

在現代普及的自動化的趨勢下，欲改良噴霧灑水系統，本系統採用 Arduino 軟體作為介面端，使用 Arduino uno 當作控制器，用來連接定時及控制馬達。重新設計灑水噴頭架構，用 Solidwork 繪製零件，3D 列印出來後加以組裝，以降低零件成本。

b. 過去研究成果

植物工廠自動化：

在需要穩定且對於溫、濕度較敏感的作物方面，自動噴灌的系統便可提供其較有利的生長環境，且可達到氣候不穩定時水量供需的平衡及作物成長發熱的蒸散，再透過土壤含水率感知器、溼度計與伺服馬

達作相對的數值控制，可提高節能效率並降低人力成本，本研究之目的以一次流高壓噴頭替代以往水牆的方式達到作物生長所需之溫、濕度適中之環境[2]。

植物工廠在國外已有許多相關的研究，近年來國內環境控制系統技術發展相當成熟，因此相關設備也普遍被運用在各產業中，台灣屬於夏天較為炎熱冬天較為濕冷的氣候型態，夜間的空氣中相對濕度較高，也限制了農作物的生長環境，為了使作物有更良好的生長環境，設施者開始使用設施栽培，若能有效的監控植物環境生長參數，定能提高作物的產量及品質[2]。

灌溉自動化作業可以降低勞力、用水與施肥等成本，可以改善作物品質。但灌溉作業自動化最大的問題在於作業環境的變異性，包括作物的不整齊性，環境的不均勻性與灌溉系統給水的均勻性。只有在此三大因子的變異性能夠減少至最低時，自動化的特點才能顯現[2]。

灌溉自動化的優、缺點：

優點：

1. 減少人力成本
2. 減少灌溉水，肥料等浪費
3. 增加作物成長均勻性
4. 增加產量，提高品質，減少病害

缺點：

1. 增加設備成本
2. 需要高素質管理人才
3. 需要更複雜的機械設備與管路
4. 自動化作業失敗時，損失更大[2]

噴霧灌溉：

將水加壓經由管路系統之噴頭造成霧化效果，如降雨般在空中向地面散佈，使作物滋潤的方式。噴灌適用於全面之補給灌溉，受地形與土壤條件限制較少，較傳統的方法，具有省工、節水等優點。但受到風的影響大，其設施費與動力費成本較高。可分為固定式及可移動式兩種[3]。

定置式噴霧灌溉系統，採用管路噴霧作業模式，以 PVC 管材取代原本之高壓管線，解決因長時間使用

而造成管路變質龜裂與接頭漏水，導致水壓下降，機具運作不良或無法運作等問題，使系統功能達到較完善狀態[4]。

立體栽培系統：

所謂「立體栽培」，就是使用多層架進行栽培管理，並結合無土介質(泥炭苔、椰纖等)、容器(槽、籃、袋等)耕作、養液肥灌(滴灌、微噴灌等)、電照補充技術加以應用，國內外曾見懸吊式、根系噴霧式、垂直多層平面式、立柱式等栽培方法，種類型式繁多，不勝枚舉。

各類立體化栽培架在使用上皆有其優缺點，如何截長補短以發揮最大功效，實為爾後繼續努力之處。其中輪轉吊盤式栽培架之作業性能已初具成果，但降低成本是目前主要改進的方向[5]。

c. 欲解決問題和貢獻

1. 供水系統水壓不足，無法供應所有噴頭適當水量。
 2. 用穴盤栽種植株會因設施影響植株正常發育，植株生長過高在行進過程中會與設施發生碰撞。
 3. 定點灑水灌溉容易使植株生長情況變異，正上方灑水會因葉片成長過大而阻礙土壤吸收水分，使根莖無法從土壤中汲取足夠水分成長。
 4. 原先系統由於沒有定時功能，全天候灑水使得植株太潮濕，無法正常生長。
- 透過解決以上發現問題，使得本系統更趨近於完善，利用低成本與低勞動力讓植株擁有更良好的生長環境。

二、研究內容與方法

本專題的實驗分為三期種植方式，藉由觀察各處所發生的問題下去改善立體植栽架系統，以達到穩定的生長條件。

2.1 儀器設備架設

儀器的部分包含了許多的感測系統與機械運轉系統，藉由結合運用使整體植栽架運作轉動。

2.1.1 立體植栽系統

如圖一所示，藉由轉盤、盆栽架、高壓噴霧系統跟仿光照射燈所構成。馬達控制轉盤，噴霧箱與定時器控制噴霧系統，仿光照射燈提供植物夜晚所需照度，當轉盤到底時會受到灑水灌溉，到上層則受到光照以吸收所需的養分。



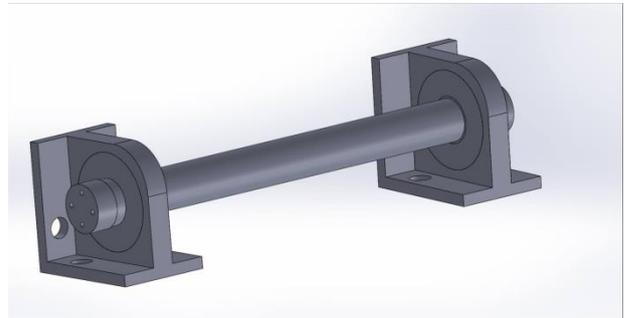
圖一 立體植栽架系統

表一 立體植栽架

立體植栽架(底面積)		種植面積
長	1.97m	1.115m
寬	1.62m	0.415m
高	2.7m	
數量	1	12
總面積	3.1914m ²	5.5527m ²

2.1.2 轉動式高壓噴水灌溉系統

藉由高壓噴頭、軸承、PC管與Arduino控制系統組合而成，用來供水給盆栽架中的植株，每15分鐘一次、每次30秒加上高壓噴頭轉動0到+30度的方式，達到每株植物均勻含水量提供。



圖二 零件組裝圖



圖三 轉動式高壓噴水灌溉系統



圖六 感測器



圖四 原先噴嘴作動示意圖



圖五 改良後噴嘴作動示意圖

2.1.3 感測系統

如圖是用來記錄土壤裡的養分、水分、溫度及光照的系統，前端紀錄的是養分監測，土壤水分則是以中段黑色部份，溫度方面則是在白色部分，最後尾端則有光照感測器以記錄照度[6]。

2.1.4 MG995

如圖四所示

表 2 伺服馬達 MG995 規格

型號	MG995		
尺寸	40.7 * 19.7 * 42.9mm	重量	55g
使用電壓	3~7.2V	工作扭矩	1.28N·m
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、機械手臂、遙控船等[7]。		



圖七 MG995

2.2 使用軟體介紹

改動噴頭旋轉裝置需要添加許多機構，這些機構以 3D 列印、Ardiuno 控制系統來完成整體操作方

式。

2.2.1 3D 列印

利用 ABS 或 PLA 塑膠材料加熱方式，以達到融化可塑狀態，再以疊層方式產生所需模型。

使用 3D 構圖軟體繪製後，轉變成疊層的方式，將疊層的部分分到欲成型的位置，重複作動並堆疊至所需高度，使工件成型。

之前成型模式大部份以切削的模式，以致於浪費些材料，有別於它的是以堆疊方式，也就不會造成不必要的浪費材料[8]。

2.2.2 Arduino 控制系統

是一款以 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，並具有使用類似程式語言(Java 或 C)的 Processing/Wiring 開發環境。Arduino 可以使用 Arduino 語言與 acromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 和 SuperCollider 跟 Java 和 make block.cc 等軟體，結合電子元件，例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，作出互動作品。Arduino 也可以獨立運作成為一個可以跟軟體溝通的介面[9]。

2.2.3 SolidWorks 繪圖系統

是一款採用參數化特徵為基礎的方法來建立模組，設計意圖是依照創造者之理念、創新下去變化。

SolidWorks 草圖通常為 2D，該形成方式以點面線三種元素來成形，再以所需的尺寸、接點來完成所需的圖形，最後可以從零件或組件生成的模型，並指出尺寸和公差完成整個 3D 繪製[10]。

2.3 實驗步驟和數據處理

本專題實驗分為四個步驟，也就是三期的種植計畫加上最後的改良計畫，藉由這四期的改良計畫將整個立體植栽系統改善成穩定的植物成長循環系統。

2.3.1 第一期種植

由於之前有了初步的植栽架基礎，接手時濕度與光照方面改成穩定的值，將植栽架清理一遍並試種第一批羅勒以觀察並發現問題，將整個數據做成表格(附錄一)，以觀察整體的各方面成長數值。

2.3.2 第二期種植

當種完第一期的作物後，發現植株在乾濕度與照度方面不穩，於是改良轉速與高壓噴嘴的噴水量，並計算它的時間與長度，以達到噴水與光照的時間平衡狀態，做成表格(附錄二)。

2.3.3 第三期種植前

種植並改良完前兩批的問題後將植株的情況改善，第二期種植時發現植物的幼苗時期很穩定，四~六周後土壤含水量開始出現不穩定的現象，也就延伸到最後改良。

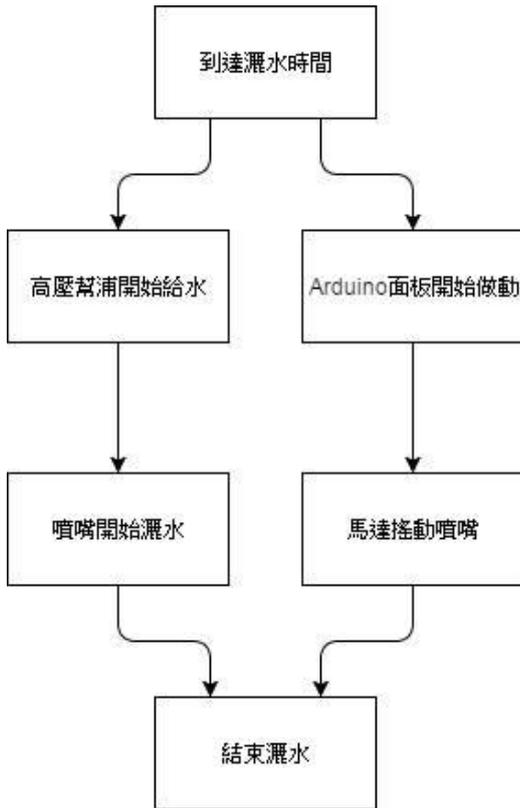
2.3.4 最後改良計畫

找出問題點在於葉面本身過大會擋到噴頭的灑水角度，以致於水有 50%到 75%會附著在葉片表面而未被土壤吸收，久而就水分匱乏，需要從灑水系統下去改良，將其固定式噴向改成 0 到 +30 度間來回擺動，以增加其土壤所接收到固定的水量，再做成表格(表附錄三)以確定整體植株土壤含水量有穩定的改善。

三、結果與討論

本專題實驗結果非常顯著，但高壓噴嘴的灑水桿還需擴大 1 至 2 根，用以延長每一盆植株的灌溉時間。

3.1 動作流程圖



圖八 流程圖

3.2 實驗結果

本實驗分為三期種植，並且將實驗數據轉變成表格，再根據表中的數據來觀測出本實驗之結果。

3.2.1 第一期種植結果

第一期(圖表一、四)，水分方面嚴重缺乏，光照方面也偏低，表示說持續沒有固定的轉動方式會造成植物吸收光與水的方面不穩。



圖九 第一期種植結果

3.2.2 第二期種植結果

第二期(表二、五)，在前期方面是穩定狀態，但到了第四週開始含水量下降，這是葉片長大後擋到噴霧系統的狀況，以致於含水量偏低。



圖十 第二期種植結果

3.2.3 第三期種植結果

第三期(表三、六)，也是最後一期，其生長狀況穩定，噴水系統有 75 到 90% 的水進入土壤中，整體循環順暢，從第一週至第七週的整體養分所需維持正常偏低，無養分不足、枯萎景象。



圖十一 第三期種植結果

3.2.4 最後改良結果

植物都維持於正常偏低的養分量，原因在於轉動式灑水系統安裝不足，在養分所需的量上還要再加裝一至二條，所需的養分量才會是完美的。

四、結論

本專題以 Arduino 控制伺服馬達轉動灑水噴頭。整體而言本實驗尚有許多不足之處仍待改進，例如各系統運轉時間配合不夠準確，噴頭擺動與盆栽間隔造成不必要的水資源浪費，希望下次能針對這些問題加以改進。

本專題期望改善立體栽培生長勢不一致的問題，以達到在保持單位面積下最大的產能時作物的生長狀況也很良好。

五、致謝

經過近一年的努力，本專題的實驗內容終於也如期完成了。

我們從無到有，這一路跌跌撞撞，曾有瓶頸，亦有所成長，能有如今成績，我們受到了許多人的幫助。

首先，我們要感謝石訓宇學長，從剛進實驗室到專題發表尾聲，一直都是他盡心盡力的給予我們指導和建議，即使他自己也有很多計劃要處理；感謝苗志銘博士，提供我們完善的研究環境和資源，讓我們專心投入實驗內容不必煩惱外物。老師雖忙，卻還是抽空指導我們晦澀難懂的部分並指引我們明確的方向，掌握我們的進度，及使生病在家休息也督促我們要向他匯報，真的非常感謝老師放在我們身上的心思。同時也要感謝彭龍輝學長、王耀輝同學、鄭傑文同學，因為有了他們的協助，讓我們少走了很多冤枉路；最後也要感謝班上的同學和學長，在專題過程遇到瓶頸、壓力時，它們給予支持和鼓勵，是我們繼續下去的動力。

真的非常感謝大家的幫助，讓我們專題能夠如期完成，謝謝！

六、參考文獻

[1]黃續輝，2015，「社區型簡易溫網室設施建置」，碩士論文，生物機電工程系，國立屏東科技大學，屏東。

[2]黃信毓，2015，「噴灌系統自動化模式之實現」，碩士論文，生物機電工程系，國立屏東科技大學，屏東。

[3]谷展宏，2016，「應用藍芽於溫室作物灌溉控制之研究」，碩士論文，生物機電工程系，國立屏東科技大學，屏東。

[4]吳浩銘、張金元、田雲生，2015，「噴霧灌溉系統改良之研究」，臺中區農業改良場研究彙報 126: 23-33，台中。

[5]田雲生、張金元、戴振洋、蔡正宏，2013，「輪轉吊盤式立體栽培架之輪轉吊盤式立體栽培架之研發應用」，臺中區農業專訊 第 82 期，網址：
http://www.tdais.gov.tw/files/web_articles_files/tdares/8312/3039.pdf

[6]C Jay Tech Blog，小米花花草草監測儀，開箱實測，網址：<https://cjay.cc/2016/07/mi-flower/>

[7]ICshopping 官方網站，網址：
http://www.icshop.com.tw/product_info.php/products_id/9464

[8]林鼎勝，2014，「3D 列印的發展現況」，科學發展月刊第 503 期，第 32-37 頁。網址：
http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC_INDEX/Journal/EJ001/10311/10311-04.pdf

[9]TAIWANIOT，台灣物聯科技，網址：
<https://www.taiwaniot.com.tw/products-category/mcuboard/arduino/>

[10]維基百科 Wikipedia，Solidworks，網址：
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/SolidWorks>

[11]趙英傑，2016，「起圖解 Arduino 互動設計入門」，旗標出版股份有限公司，台北

附錄

表一 第一期植株生長環境數據

養分週期	平均濕度	平均肥力	平均溫度	平均光照 Lux
第一週	12%	550us/cm	30°C	15248
第二週	14%	533us/cm	31°C	15825
第三週	12%	531us/cm	29°C	16753
第四週	15%	528us/cm	30°C	18569
第五週	13%	527us/cm	32°C	17539
第六週	10%	520us/cm	33°C	16268
第七週	9%	512us/cm	32°C	14869

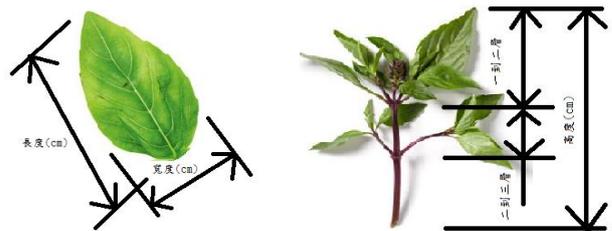
表二 第二期植株生長環境數據

養分週期	平均濕度	平均肥力	平均溫度	平均光照 Lux
第一週	25%	575us/cm	32°C	21569
第二週	25%	570us/cm	32°C	23279
第三週	24%	568us/cm	31°C	19267
第四週	22%	568us/cm	33°C	23542
第五週	17%	556us/cm	33°C	23956
第六週	16%	549us/cm	34°C	24753

週		cm		
第七週	17%	542us/cm	31°C	19195

表三 第三期植株生長環境數據

養分週期	平均濕度	平均肥力	平均溫度	平均光照 Lux
第一週	28%	535us/cm	33°C	27468
第二週	27%	533us/cm	32°C	22571
第三週	28%	530us/cm	33°C	24879
第四週	26%	525us/cm	30°C	22055
第五週	29%	522us/cm	32°C	23579
第六週	25%	519us/cm	34°C	27604
第七週	26%	515us/cm	33°C	24641



表四 第一期植株生長數據

第一期		植株高度	6.348cm
葉片長度	2.257cm	葉層間距 (1到2層)	0.956cm
葉片寬度	1.687cm	葉層間距 (2到3層)	1.289cm
整體面積	3.248cm ²	葉層間距 (3到底層)	3.896cm

表五 第二期植株生長數據

第二期		植株高度	7.573cm
葉片長度	2.448cm	葉層間距 (1到2層)	1.278cm
葉片寬度	2.087cm	葉層間距 (2到3層)	0.975cm
整體面積	4.574cm ²	葉層間距 (3到底層)	5.265cm

表六 第三期植株生長數據

第三期		植株高度	8.726cm
葉片長度	2.738cm	葉層間距 (1到2層)	1.175cm
葉片寬度	2.157cm	葉層間距 (2到3層)	1.512cm
整體面積	5.414cm ²	葉層間距 (3到底層)	5.763cm

improve the capacity per unit area, the adoption of three-dimensional cultivation and other measures. In addition to improving the absence of the original system, this topic combines the sprinkler system and automatic control, and uses Arduino to write a program that can adjust the angle and timing to match the Arduino uno control servo motor to achieve Automatic rotation of the purpose of sprinkler.

Study on the Improvement of Stereo Planting System

Ji Meng Xuan, Chen Yu Chen, Huang Bo Han

Department of Biosystems Engineering
National Pintung University of Science and Technology

Abstract

The industry in recent years, the machine replaces labor has been already to be a trends. With the progress of technology, the image processing techniques are mature and more general day by day. Climate change extreme, the use of Wincheng room to increase the number of people, in order to make full use of facilities space,



田間鳳梨搬運機械之開發



國立屏東科技大學 生物機電工程系

指導教授：謝清祿 博士

學生：楊宗倫、黃品穎

摘要

本研究內容從生產機械化入手作為研發設計藉以提高鳳梨田間機械化的程度。設計上我們參考外國文獻，從單邊輸送帶向中間集中運輸，雙邊輸送帶設計應對鳳梨田間採收狀況，運輸帶運轉帶動鐵片最後使鳳梨運輸到後部子車，機架對應到鳳梨田間規格，後部的子車則應對採收後的搬運情形來減少時間及人力成本，在材質選用上大多是SS-41為主，整體由三點連接式曳引機來帶動鳳梨採收搬運機械完成鳳梨田間之工作，我們請谷林科技有限公司來製作鳳梨採收機械，試驗上使用110馬力之曳引機進行帶動，在試驗現場所發生之問題在後續提出改良方案，為日後研發打下基礎以供後人參考。

設計概念

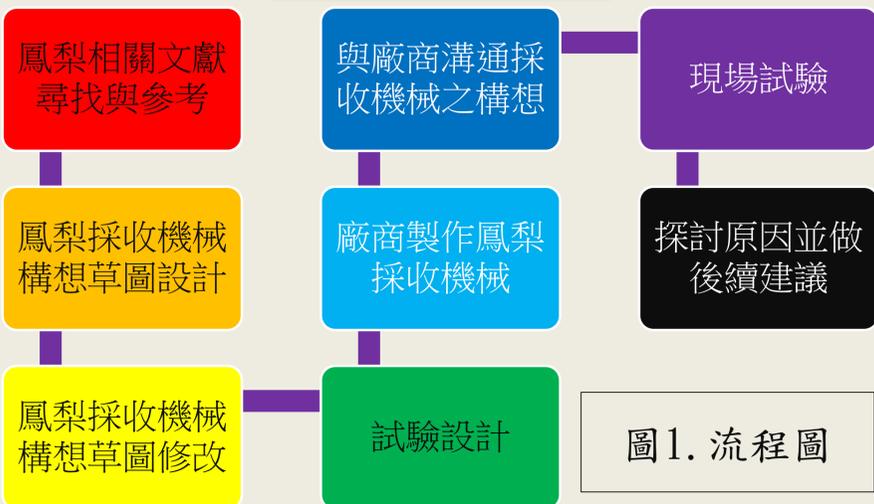


圖1. 流程圖

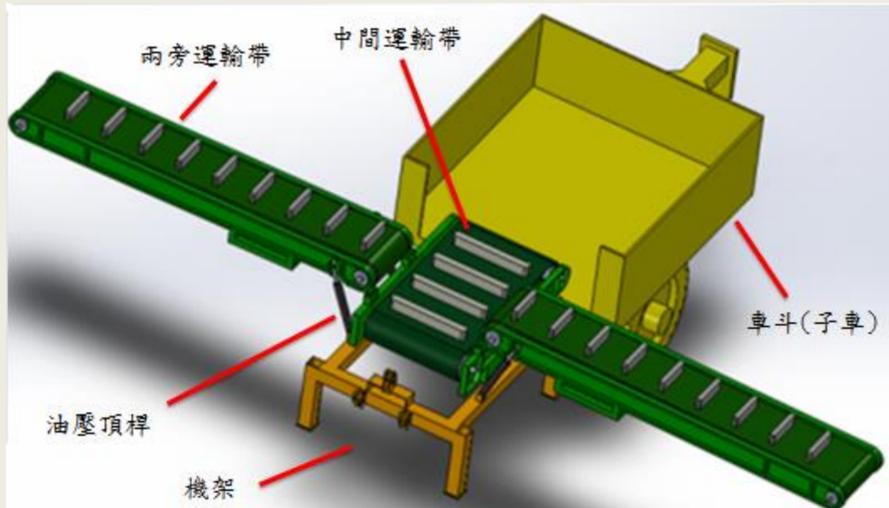


圖2. 整體構想圖

雙邊運輸帶的概念則來自於Kermit J. Jackson, Honolulu等人的設計，主要考量到鳳梨田是屬於大面積採收的田地，為了擴大採收效率，我們設計雙邊型輸送帶。

中間運輸帶的設計概念從Von E. Jones and Paul C. Ludy等人的單邊運輸至中間運輸帶，再由中間運輸帶傳至上方放置空間。而本文中的中間輸送帶主要是接收兩旁輸送帶所採集的鳳梨，在由下往上自動運輸鳳梨到後部的子車。

子車設計如圖搭配運輸機械及後方有勾環可連接貨車進行運送。在自由度的設計上以機架、油壓頂桿與單邊輸送帶來看，機架設為接地、油壓頂桿與單邊輸送帶設為連桿，整體機構上為開放式機構。

試驗過程與結果

測試場地由屏東縣鮮豐生產合作社所提供，協助試驗廠商為谷林科技有限公司。曳引機為谷林科技有限公司提供，選用110匹馬力並且有三點鏈接。

測試過程先將曳引機發動，再將輸送帶的三根油壓管連接到曳引機後部，由曳引機去控制機架的升降，還有兩邊輸送帶的收放，可由上往下展開至180度平整成一直線，隨後曳引機用油壓動力讓三邊輸送帶運轉，並由控制閥控制其所需要的轉速。

1. 中間輸送帶的隔板過長，無法通過底部機架，造成中間輸送帶與機架碰撞，導致卡住無法轉動。
2. 兩邊輸送帶隔板間距沒有調整正確，所以導致在收復時，與中間輸送帶的隔板相撞。



圖3. 收合時呈V字型



圖4. 展開後呈現一直線



圖1. 隔板卡住所在處

改良與建議

1. 運輸帶材質減輕以增加左右運輸帶長度
2. 增加機架長度
3. 減短隔板鐵片高度
4. 隔板外層增加PU材質減少隔板與鳳梨損傷
5. 研發重量分級系統，在採收搬運時減少工時成本

結論

在設計上，我們參考許多外國文獻且採用了外國文獻在設計上的特點，並將此概念結合在採收與運輸上，在谷林科技有限公司的幫忙下，完整的製作出此機台。

試驗後雖然發生一部分的問題，我們也提出建議來補償這些缺失，讓後續有能進行的改良。

溫網室立體植栽架系統對於 甜羅勒生長效益之研究

專題生：黃耀德、尤政堯、洪浥銘
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

本專題實驗之主要目的，是要探討溫網室立體植栽架之系統架構，對於甜羅勒生長效益之研究。在植物生長的過程中，分別加入適量且固定之酵素，藉此探討在植栽架中上下層的甜羅勒，對於陽光照射所吸收之光照度及其生長情況之影響為何。在此次的實驗中，可得知植栽架系統之上層植物的生長情況，普遍較中下層植物的生長情況為佳，陽光照射量也較佳。

關鍵詞：甜羅勒、溫網室、立體植栽架

除了上述的問題之外，由於台灣地狹人稠，農地可使用之範圍極為有限，不適合使用傳統型態的方式栽種。[3] 因此，近年來興起的溫網室栽培系統，不僅可解決以上的問題，防止氣候、蟲害、農藥的問題，更可以減少作物產量受季節變化的影響，同時提高作物的品質，發展高經濟價值的作物，增加作物的產量及賣相。[4] 同時，利用溫網室栽培作物，由於內部有一整套完整的系統，可以供應植物與土壤適當的養分及水分。[5] 因此，也可以減少人力上的成本需求，提供農民一個舒適的農業工作環境。

一、引言

台灣地處亞熱帶及熱帶地區，非常適合種植多種作物。不過由於台灣氣候十分不穩定，乾旱、強風、豪雨及颱風等天候情況皆有可能發生，時常導致作物歉收、品質下降、價格飄忽不定等問題發生。[1] 而且，田地間最困擾的就是蟲害問題，因大量的病蟲侵襲，使多數農民噴灑農藥藉以防止蟲壞，但卻也造成作物之農藥殘留，而使人民有健康以及安全上的疑慮。[2] 因此，在目前的發展趨勢來看，使用溫網室之設備系統來栽培作物，儼然成為近年來農業栽培的優勢與方法。

而本組選擇以甜羅勒為專題實驗的研究目標，甜羅勒 (sweet basil) 為九層塔的一種，是青醬義大利麵中青醬的材料，用於烹調的香草植物。[6] 其分布於亞洲熱帶區、非洲和中國東南部等地，甜羅勒在熱和乾燥的環境中生長較佳，因此很適合種植在台灣南部區域。[7] 甜羅勒是唇形科的香草植物，株高矮小，約在 20-60 公分間，多分枝，葉子卵形，對生，葉背有腺點，淡綠色且有細毛，帶有強烈、刺激的香氣，味道像茴香。[8] 而由於甜羅勒適合此種氣候條件，每天至少要有 6 小時以上的充足日照，且需有良好的排水系統，以及其株高較為矮小，因此極為適合種植在溫網室內的立體植栽架系統，因此本組選擇以種植甜羅勒

來探討立體植栽架系統之效益。[9]

本實驗為利用溫網室立體植栽架系統來探討甜羅勒生長之情況，在植物生長的不同階段，分別利用定比稀釋計，來提供定時定量的酵素，再逐天測量植栽架中每一層植物生長的情況，以及其盆栽土壤中的肥力及陽光照射情況，由於植栽架系統總共分為六層，左右各三層，三層中又分為上層、中層、下層，而由於陽光在每一層植物的光照度分別有所差異，因此藉此研究立體植栽架系統對於陽光的光照度差異，以及與甜羅勒生長情況之效益與差別。光照量的高與低，著實的影響了大部分需要陽光的植物其生長的狀態與快慢。[10]

二、系統架構與實驗設備

2.1 實驗設備

(1) 立體植栽架

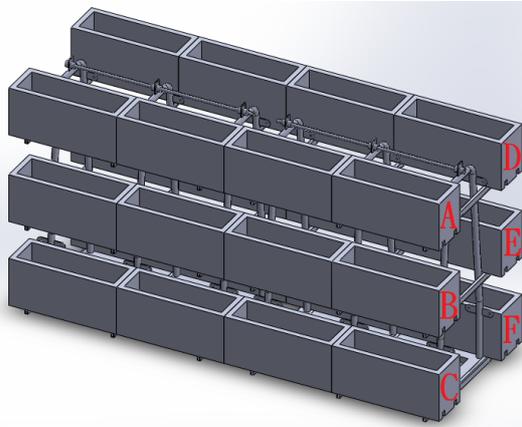


圖 1. 溫網室立體植栽架系統(A層至F層)

(2) EC 感測器

(3) 小米花花草草監測儀

(4) 游標卡尺/長尺

(5) 電子天平

(6) 電磁加熱攪拌器

(7) ESP-RZX 微電腦自動控制器(室內型)

(8) 定比稀釋計

(9) 滴灌桿

2.2 實驗材料

花寶 5 號養液(40g/800ml)、燒杯、甜羅勒種子、必高暢酵素、長型盆栽、塑膠盆、土壤、介質(真珠石、蛭石)等

三、研究方法與內容

3.1 實驗規劃

本次實驗總共種植甜羅勒 2 次，在植物生長的過程中，所需的養分也有所不同，因此我們隨著植物的生長，調整定比稀釋計所供給的酵素，而每天皆會利用儀器測量土壤的情況，光照(lux)、水分(%)、溫度(°C)以及肥力(度)，還有每周皆會測量兩次植物的生長情況，株高、莖粗、葉片數、葉寬以及葉長，利用這些數據，來探討溫網室立體植栽架系統對於甜羅勒生長情況的效益比較。

3.2 實驗設計

溫網室內的植栽架共有 6 層，每一層皆種植了 29 盆甜羅勒，因此整座溫網室內共有 174 盆甜羅勒，而我們所測量的植物生長情況，分別是最右邊一盆、中間兩盆、最左邊一盆，也就是一層測量四盆甜羅勒，大約的平均盆數是在第 1 盆、第 10 盆、第 20 盆，以及第 29 盆，並且每隔三到四天測量一次，讓植物生長過程的數據可以更清楚，也能讓整體數據可以更有比較性。

而土壤所測量的數據，則是每一層測量 7 盆，每隔 4 盆測量一次，就是以 4 盆為一個循環，第一天測量第 1、5、9 盆，第二天測量第 2、6、10 盆，第三天測量第 3、7、11 盆，第四天測量第 4、8、12 盆，到第五天就又變回測量第 1、5、9 盆，植栽架內一層測 7 盆，一天測六層總計測量 42 盆，這樣不僅可以追蹤到某幾盆土壤的水分或肥力的異常情況，也能夠徹底了解溫網室內整體盆栽的所有情況。

3.3 實驗流程

一開始種植甜羅勒時，只要育苗育的好，發芽率高，多數的甜羅勒就會順利生長，而在生長的過程中，透過每天測量盆栽的土壤，我們也會發現、追蹤到有某幾盆植物所受的光照特別強，導致水分偏低，因此也需特別留意水分的含量多寡，若有水分不足的情況，就應立即補充水分，使植物不會因過於乾枯而導致死亡。

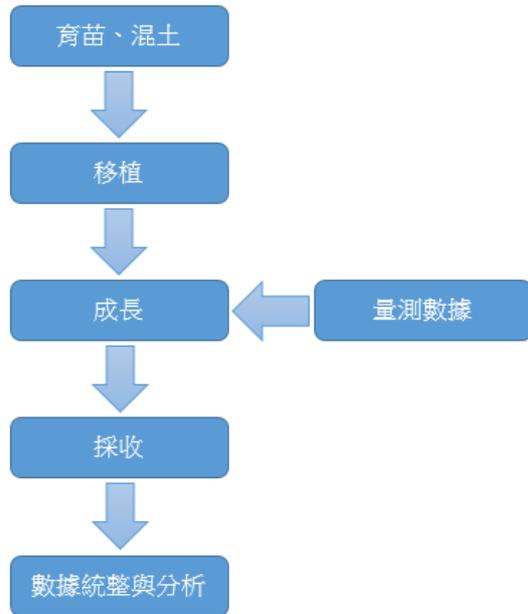


圖 2. 甜羅勒生長之實驗流程

3.4 實驗步驟

- Step1. 將甜羅勒種子進行育苗；
- Step2. 將土壤進行混土（比例為土 3：真珠石 1：蛭石 1）並裝至所有盆栽內；
- Step3. 一周後，將育好的苗移植到盆栽內並放置溫網室內體植栽架系統上；
- Step4. 每天測量土壤的光照(lux)、水分(%)、溫度(°C)以及肥力(度)；
- Step5. 每三到四天測量植物的生長情況(株高、莖粗、葉片數、葉寬以及葉長)；
- Step6. 生長過程中，需天天留意植物的生長環境與情況，使其順利生長；
- Step7. 持續測量植物與土壤情況，直到生長到一個半月至兩個月的時間；
- Step8. 將甜羅勒整株採收下來，並依照每一

層的順序排序好；

Step9. 將採收下來的甜羅勒，進行總鮮重及最後株高的量測；

Step10. 將所有的數據整理歸類好，並清理原先溫網室內的盆栽與雜物；

step11. 進行第二批的甜羅勒種植，並且重複上述之 1~10 步驟；

step12. 比較兩批甜羅勒生長情況之各項數據，以及植栽架系統對植物生長情況的影響為何

3.5 設定 ESP-RZX 微電腦自動控制器

在現今的溫網室系統內，多會架設微電腦自動控制器，控制系統噴灑的水量多寡，來進行節水栽培的作業。因此我們在進行實驗前，需先調整此控制器，我們將此儀器設定為每天噴射兩次，早上九點一次，下午四點一次，每次噴灑兩分鐘，而植栽架的六層也會分批進行噴灑。噴灑時，每株植物皆會接上滴灌桿，使噴灑的水分以滴灌的方式，一滴一滴的將水滴至土壤內，藉以達到節水栽培的方式。

3.6 檢測定比稀釋計



圖 3. 溫網室內定比稀釋計與管路之照片



圖 4. 溫網室內繼電器控制與滴灌桿之照片

在前面 3.5 步驟所提到之微電腦自動控制器，此儀器所控制之部分，即是溫網室內之定比稀釋計，在定比稀釋計抽取酵素並稀釋一定的濃度之後，養液便會進入管路內，再透過繼電器的開關控制，將養液送至滴灌桿並流出，使植物可以吸收到足夠的養液而生長。

因此，在正式種植甜羅勒之前，我們要先檢測定比稀釋計的稀釋情況是否正常，因此我們需要先來調配養液，利用花寶 5 號養液來測量，稀釋情況為每 40g 的花寶 5 號加 800ml 的純水，利用電子天平秤重好之後，再將其放置到電磁加熱攪拌器中，每次固定加熱攪拌兩小時，最後所得原養液 EC 濃度約為 15，而每次所配得的養液，約可進行測量二至三次的刻度，因此我們共進行了約 10 次的稀釋，每次調配之原養液的 EC 值誤差，皆不超過 15 的 5.5% (14.89 ~ 15.81)。

調配完養液之後，接下來就要開始進行測量，將養液放置好之後，我們在每次測量前，接先讓定比稀釋計抽水 3 分鐘，之後拿出 4 個

燒杯，接過從滴灌桿所噴射出之液體，每個燒杯裝滿稀釋後之養液後，皆須間隔長達 1 分鐘後，再繼續裝下一個燒杯，此行為是為了讓養液能夠稀釋的更完全，而裝四次養液則是為了讓數據能夠平均，使其更有準確性，以及更有完整性。

裝完稀釋後之液體之後，便拿出 EC 感測器進行測量，儀器測量時，每次固定讀取測量 3 分鐘時之數據，一個刻度總共測量四次，每次測量時皆須把 EC 感測器用清水清洗並擦拭乾淨，再將四次所測得之數據取平均，即為該刻度稀釋後之平均 EC，接著就依序測量 0.2 ~ 2.0 之 19 個刻度稀釋後之 EC 值。

數據整理完之後，我們可以發現，該定比稀釋計之稀釋功能正常，刻度由小到大時，濃度也依序的由小到大，因此我們在植物生長時，便可以依照植物的生長情況，將刻度由小慢慢的調整到大，使植物在每個生長階段，都能夠足夠的吸收到不同分量的養液。

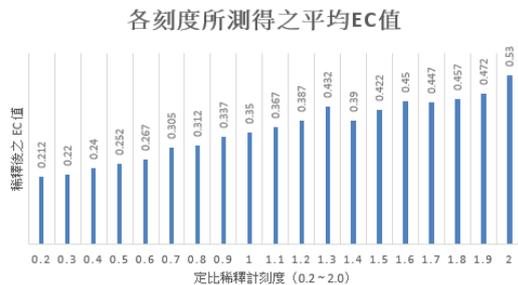


圖 5. 各刻度稀釋後之平均 EC 值

3.7.1 第一次實驗

依照上述的實驗規劃與設計，我們將甜羅勒進行育苗，育苗一周後將其移植到盆栽上，接下來每天測量土壤的光照(lux)、水分(%)、溫度(°C)以及肥力(度)，以及每三到四天測量植物的生長情況(株高、莖粗、葉片數、葉寬以及葉長)，定比稀釋計的刻度也從 0.2 慢慢的往上調整，持續記錄 2 個月後，並將其採收下，量測甜羅勒最終的株高與鮮重，我們可以整理出以下的圖表。

第一批植物 - 平均株高

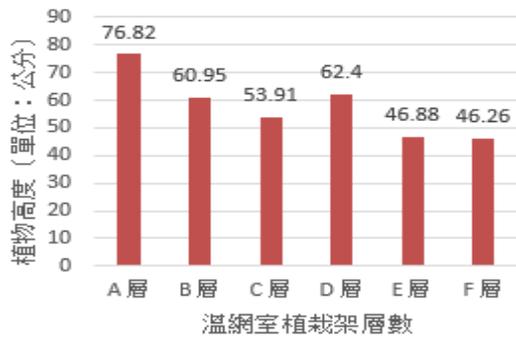


圖 6. 第一次實驗之植栽架各層平均株高

第一批植物 - 平均鮮重

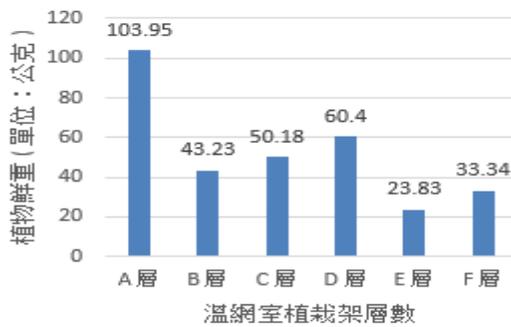


圖 7. 第一次實驗之植栽架各層平均鮮重

而我們每天所利用之小米花草草監測儀所測得的數據中，我們也可以追蹤到甜羅勒的生長情況，與植物所吸收的光照有極大的關係。我們每天所量測光照度的時間，大約都固定在下午兩點至四點之間，此段時間陽光所照射之位置，較偏向於D、E、F層，也因此除了最上面的A層與D層之外，E層與F層的光照度也就較B層和C層多一些。溫網室內光照吸收越多的層架，其植物生長的情況也就會越好。

第一批植物 - 平均光照量測時間：下午2-4點



圖 8. 第一次實驗之植栽架各層平均光照度

在第一次的實驗中，我們可以從平均株高的圖表上發現，A層植物的平均株高最長，而F層植物的平均株高則為最短的。因此，我們抽取了最後一次拍攝植物記錄時，A層及F層植物之生長情況照片來做對比。



圖 9. 第一次實驗之A層植物最後拍攝照片



圖 10. 第一次實驗之F層植物最後拍攝照片

3.7.2 第二次實驗

而為了確保實驗的準確性，以及減少其誤差，在第一批甜羅勒採收完畢後，即開始進行第二批甜羅勒的育苗工作，並開始重複第一次實驗所進行的各項步驟，直到最後進行採收，我們一樣可以整理出甜羅勒最終的株高以及鮮重之圖表數據。

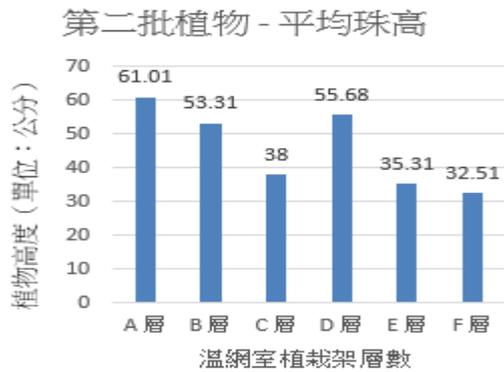


圖 11. 第二次實驗之植栽架各層平均株高

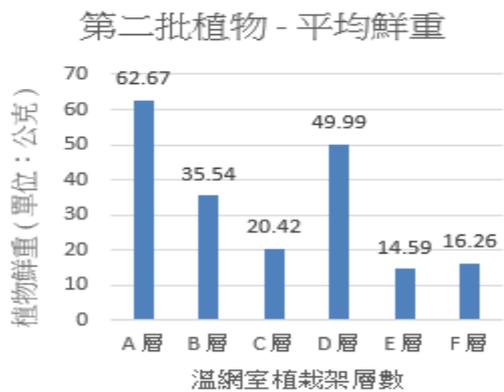


圖 12. 第二次實驗之植栽架各層平均鮮重

第二次實驗與第一次實驗一樣，每天皆須使用小米花草草監測儀測量土壤情況，而量測光照的時間，與第一次實驗時一樣，都是固定在下午兩點至四點之間，我們透過光照的數據，也一樣可以發現到光照對植物的影響。種植在最上層的甜羅勒，其所吸收的光照是最多的，生長的情況也是最佳的，反之，種植在最下層的甜羅勒，其所吸收的光照較低，生長的速度也較 A 層及 D 層（最上面兩層）緩慢。

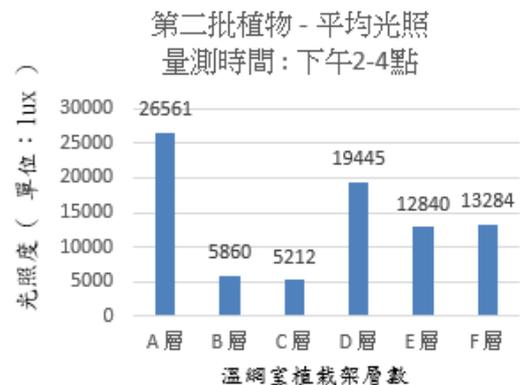


圖 13. 第二次實驗之植栽架各層平均光照度

在第二次的實驗圖表中，我們也可以發現到，植物的平均株高情況與第一次實驗時雷同，皆是 A 層植物之株高最長，F 層植物之株高最短。因此，我們一樣抽取最後一次拍攝植物記錄時，A 層及 F 層植物之生長情況照片來做對比，可以發現生長情況一樣是落差十分之大。



圖 14. 第二次實驗之 A 層植物最後拍攝照片



圖 15. 第二次實驗之 F 層植物最後拍攝照片

四、結論

本次專題研究方向為溫網室立體植栽架系統對於甜羅勒生長效益之研究，利用此植栽架栽種甜羅勒，並在其生長過程中，持續的追蹤其植株的株高、莖粗、葉片數、葉寬以及葉長，還有盆栽內土壤的光照(lux)、水分(%)、

溫度(°C)以及肥力(度)，而在此次實驗結束與數據整理完之後，我們可以歸納出以下的結論：

1. 經過我們兩次重複性的實驗後，我們可以得知在最上層(A、D層)的甜羅勒，其生長的效率最快，鮮重也最大，而同時A、D層所獲得的光照度也最高，與下面兩排(B、C、E、F)的光照度差了約兩到三倍，因此植物的生長效益，與其所獲得的光照十分之有關聯。
2. 種植在下面兩排(B、C、E、F)的甜羅勒，除了株高明顯的比A、D層矮小之外，我們也可以發現，C層的甜羅勒株高比B層矮小，而F層的甜羅勒株高也比E層矮小，植物所在的位置越低，對其生長的情況就越不利，所受的限制也就越多。而在這之中，又以第三層的F排生長最為受限，其株高為六層中最矮小的。
3. 經過這兩次種植甜羅勒實測後，我們可以得知其溫網室的立體植栽架系統，雖然可以使最上層(A、D層)的植物生長效率良好，但是下面兩排(B、C、E、F)的植物生長卻受到了限制，而我們最主要的發現，就是下面四層的陽光所照射的光照量較為不足。因此，未來有機會的話，應該將其溫網室立體植栽架系統的排列方式，再做其他更合適的修正與調整，使每一層的陽光照射量平均，讓其可以順利的生長。

五、致謝

感謝苗志銘教授，在這一年的實務專題製作中，給予了我們非常多的指導與協助，在我們遇到任何的困難或問題時，總是能提供我們許多的建議與解決方式，也開發了我們很多的想法與思維，讓我們在這實驗的過程中，受益

良多、收穫滿滿。

還有實驗室的學長們，總是耐心的輔導我們，也提供了我們EC感測器、花花草草監測儀等許多實驗時所需的各項儀器和材料，還有石訓宇學長，教導了我們如何種植與觀察甜羅勒生長的整個過程，以及各項數據上的蒐集及測量等。非常感謝所有幫助過我們的師長及同學，在我們有需求時，都願意伸出雙手給予我們協助，讓我們得以順利的完成此次專題實驗發表，真的十分的感謝，謝謝。

六、參考文獻

- [1] 顏雯玲，2016，推動溫網室設施栽培—輔導產業轉型精緻化生產，行政院農業委員會全球資訊網 第291期。
(http://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2505562&RWD_mode=Y&print=Y)
- [2] 黃子彬，2010，全球氣候變遷對台灣果樹產業之影響與因應對策。
(http://www.hdares.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/hdais/1344/990701_1-25.pdf)
- [3] 馮丁樹，溫網室設備之發展現況。
(<http://140.112.94.11/~dsfon/AgriAutomation/greenhouse.htm>)
- [4] 陳寶玉，1987，溫室建築與溫室植物生態，五洲出版社，台北，第265-301頁。
- [5] 周長吉，2005，溫室灌溉，化學工業出版社，北京，第1-17頁。
- [6] 黃鵬錡，2004，香草種植手冊，國家圖書館出版社，台北，第34-39頁。
- [7] 張隆仁，2011，羅勒(Basil)—傳統美食香辛料植物與營養保健用途之新興作物，臺中區農業專訊 第73期。
(http://www.tdais.gov.tw/files/web_articles_files/tdares/7147/2197.pdf)

[8] 王美娟，2014，香草・香料圖鑑，成美堂出版社，台北，第 122-125 頁。

[9] 台灣養耕共生協會

(http://twaquaponics.blogspot.tw/2016/01/blog-post_21.html)

[10] 曾愉涵，關於陽光的重要。

(<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2010/11/2010111510055188.pdf>)

system is generally better than the growth of the middle and the lower plants, and so is sun exposure.

Key words : Sweet Basil, greenhouse, multi-dimensional plant cultivation system

七、附錄

Study of the growth benefit of Sweet Basil in greenhouse multi-dimensional plant cultivation system.

Students : Yaote Huang, Chengyao Yu, Yaming Hung

Advisor : Dr. Jr-Ming Miao

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

Summary

The main purpose of this special experiment is to explore the study of the growth benefit of Sweet Basil in greenhouse multi-dimensional plant cultivation system. In the process of plant growth, add appropriate and fixed enzyme respectively in order to explore the sweet basil in the upper and lower layers of the plant cultivation system how the light absorbed by the sunlight as well as the impact of its growth is. In this experiment, we can know that the growth of the upper plant in the plant cultivation

多波段 LED 水耕栽培冰花之生長品質研究

專題生：鍾秉良、洪士哲、王笙宇

指導老師：張仲良 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題研究旨在觀察水耕冰花在四組 LED 光質組合下照射時之生長品質差異，組合光質以及比例分別為藍光(28%):綠光(34%):紅光(38%);藍光(15%):綠光(13%):紅光(72%);藍光(35%):綠光(17%):紅光(48%);藍光(10%):綠光(2%):紅光(88%)，環境溫度範圍 $21^{\circ}\text{C}\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ，濕度範圍 $37\%\pm 8\%$ ，二氧化碳濃度範圍 $930\pm 50\text{ppm}$ 。研究結果將探討出最適合冰花生長之光質比組合，此外，本研究也針對如何增加冰花結晶量方式進行實驗與驗證，藉此獲得最佳的冰花栽培條件以及增加生長品質的方法。

關鍵詞：植物工廠、發光二極體、水耕栽培、冰花。

一、引言

近年來，因人類的過度開發與經濟需求造成環境污染、溫室氣體的排放及資源耗竭等問題，這些人為因素促使地球暖化現象日趨嚴重，改變我們原本的氣候與環境。而世界各地陸續發生嚴重的極端氣候及環境變遷，造成持續乾旱、豪雨及氣溫懸殊落差等天然災害，再加上全球人口持續成長，可使用的的水資源耗損及污染嚴重，也造成了食物污染，使得人類產生了更多未知的病變影響健康。這些環境變

遷、糧食危機及水資源問題早已成為國際間極重要的課題。造就目前農業新的發展，提倡透過可在室內大量生產經濟作物的植物工廠，以克服氣候變遷、環境汙染及資源耗損衝擊所帶來的影響[1]。

由於植物工廠大多採用「完全密閉型」與「半密閉型」的空間架構，因此，光線照射量是植物生長的關鍵環境條件之一。但是，光照明設備以及照明設備的電費支出就為植物工廠高成本的原因之一。因此，對於植物工廠來說，大都以高單價經濟作物為主要栽培作物[2]。

故本組以高經濟價值冰花作為研究標的物，冰花 (*Mesembryanthemum crystallinum*) 原產於南非海邊，為一種耐鹽的番杏科多肉植物，原先多半作為觀賞用植物，直至日本佐賀大學教授進行品種改良後，才成為現今市售的冰花，但改良後的品種生長環境變得挑剔，故現今大多都栽培於室內植物工廠。冰花的特點為葉子和莖的表面，具有像水滴的囊狀細胞 (Bladder Cells)，所以這種蔬菜會吸收像是海水當中的鹽分，因此含有鹽分以及豐富的礦物質營養，利於人體健康，故種植冰花最大關鍵即為期結晶化的發展[3]。

幼苗時並不耐鹽，在特定的生長期間若遭受到高鹽或是乾旱等逆境，會誘導特定的反應以適應逆境，或發育至成熟階段時，冰花植株對鹽分環境的耐受性提高，能夠耐受到相當於

海水的鹽濃度，且冰花表皮上的囊狀細胞也會隨著植株的成熟而漲大，為主要儲存過多鹽分的部位[3][4]。

而本次專題透過植物工廠 LED 燈具，對冰花進行多波段光質栽培，並於室內植物工廠進行生長環境控制，且在生長期加入鹽水混和養液種植，討論如何增進冰花各階段生長品質優異以及最適合加入鹽水種植時間點。

二、材料及設備

2.1. 設備

本實驗的植物栽培層架是由特色實驗室所提供，層架上分別有 6 種不同光源配置於各層架上分別為：

- (1) 層架 B1: 淺紅光(峰值:630 nm)、淺藍光(藍光峰值:450 nm 與綠光峰值:525 nm 搭配)、白光(色溫 6000 k)
- (2) 層架 B2: 紅光(峰值:660 nm)、淺藍光(藍光峰值:450 nm 與綠光峰值:525 nm 搭配)、白光(色溫 6000 k)
- (3) 層架 B1: 紅光(峰值:660 nm)、藍光(峰值:450 nm)、白光(色溫 6000 k)
- (4) 層架 C2: 紅光(峰值:660 nm)、紫藍光(峰值:420 nm)、白光(色溫 6000 k)

2.2 儀器

本專題使用儀器如下：

- (1) pH 感測器
- (2) EC 感測器，單位 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- (3) Do 感測器，單位 mg/L
- (4) CO_2 感測器，單位 ppm
- (5) 溫溼度感測器，單位 $^{\circ}\text{C}$ 與 %
- (6) 光子計，單位 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
- (7) 光譜儀
- (8) 鹽度比重計
- (9) Watch Dog 環境紀錄器

2.3 實驗材料

冰花種子(蔬菜之家股份有限公司)、水耕海綿、花寶 2 號養液、精鹽、大小密林、保麗龍穴盤等完整請見附錄表一。

三、研究內容與方法

3.1 實驗規畫與設計

本實驗預計使用四組不同光質比組合來記錄冰花各生長階段之生長品質優異，一組種植十株作為樣本，以其中一組作為實驗對照組，其餘三組根據對照組之光譜進行調整，在相同的光強度下做不同光質比組合的比較，並在生長期的前段與生長期的中後段加入鹽水混和養液，探討冰花最適合加入鹽水種植之時間點。

並將種植環境設定為溫度 $21^{\circ}\text{C}\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、濕度 $37\%\pm 8\%$ 及 CO_2 環境濃度 $930\pm 50\text{ppm}$ 。

3.1.1 光質比組合比例

本實驗植栽架共四層，各層光源高度皆為 25.6cm 而採用光強度皆為 $80\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ，再與不同光源及不同光質比組合，分成四組，分別照射已定植幼苗，並記錄冰花完整生長期的生長品質優異，光質比組合比例如圖 1. 至圖 4.，下述為光質比組合比例：

- (1) B1: 藍/綠/紅 $\rightarrow 28\%:34\%:38\%$
- (2) B2: 藍/綠/紅 $\rightarrow 15\%:13\%:72\%$
- (3) C1: 藍/綠/紅 $\rightarrow 35\%:17\%:48\%$
- (4) C2: 藍/綠/紅 $\rightarrow 10\%:2\%:88\%$

各顏色光波段如下：

400 ~ 520nm (藍)，520 ~ 610nm (綠)，610 ~ 720nm (紅) [5]。

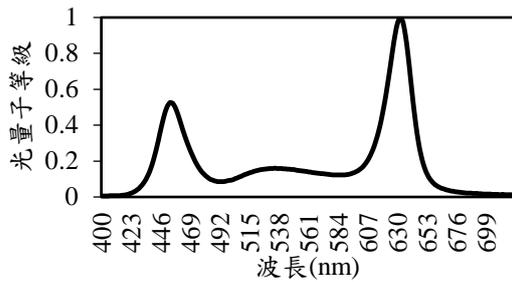


圖 1. B1 光譜分佈

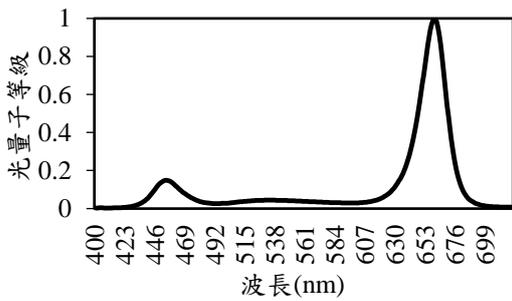


圖 2. B2 光譜分佈

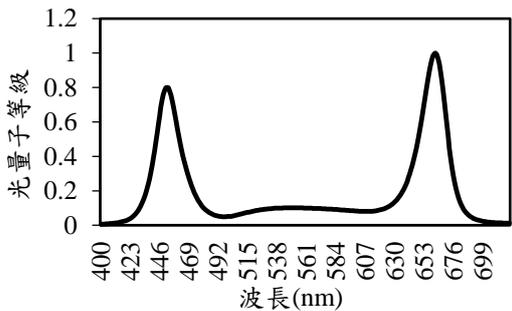


圖 3. C1 光譜分佈

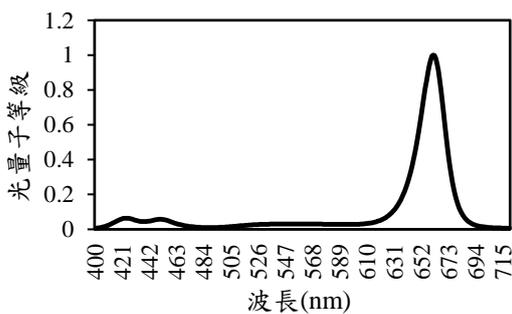


圖 4. C2 光譜分佈

3.1.2 鹽水調配比例

本實驗採用精鹽與 RO 水混合，再將混合食鹽水加入養液槽中，而混合比例為 50 g:1000 ml RO 水混合再與花寶 2 號養液進行混合，而實驗進行兩組，一組於生長期前段加入，另一組為生長期中後段加入。

3.2 實驗流程與步驟

本實驗主要流程如圖 5.，其中最需注意階段即是催芽階段，由於冰花種子較小，置入育苗海綿時需較細心，發芽後若有移植或需接觸幼苗等動作，鏟子必須確實做消毒，以免幼苗感染[6]。由於冰花屬於多肉植物，所以葉面不可接觸水，且須保持乾燥。定植後需定期更換養液，且注意養液之 EC、pH 變化。

本實驗詳細步驟如下：

- (1) 將種子置入水耕海綿
- (2) 使用約 26 °C 之 RO 水浸泡海綿[6] [7]
- (3) 放置陰暗處等待 12 小時[8]
- (4) 以白光 LED 照射 3 日[8]
- (5) 等待幼苗出現第一對葉子加入花寶 5 號種植
- (6) 當根系長出海綿再移至保麗龍盤定植，並改用花寶 2 號種植
- (7) 加入沉水馬達做 24 小時循環養液
- (8) 加入光質比組合照射，光週期 20 亮/4 暗 (hr)
- (9) 待側枝生長後(生長期)加入鹽水種植
- (10) 記錄生長數據

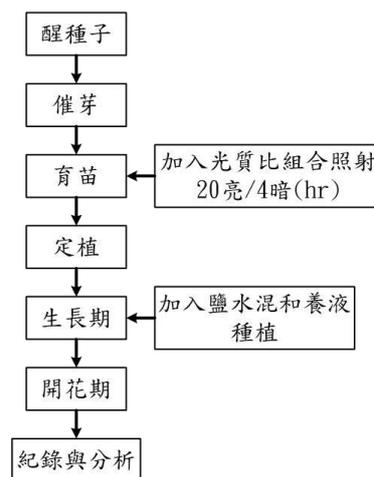


圖 5. 實驗主要流程

3.2.1 第一組實驗

(1) 幼苗期

將根部生長已超過海綿之幼苗移置保麗

龍盤上進行定植，並置入層架 B1 及 B2，層架燈光配比(附錄表 2.)，記錄在育苗期 21 天之冰花葉長。幼苗期 B1 及 B2 植株葉長數據如圖 6。

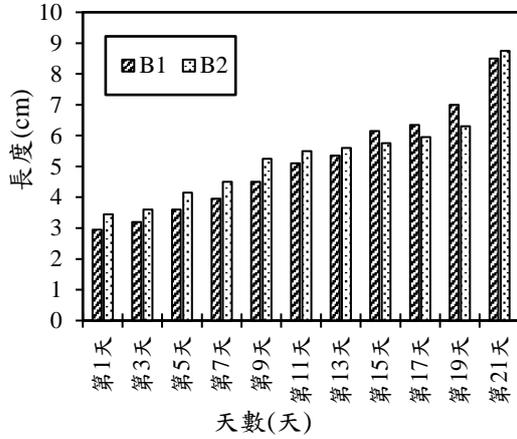


圖 6. B1、B2 葉長比較

(2) 生長期

當側枝開始生長後，開始記錄各層架之冰花的平均側枝數，共紀錄 13 天，並於種植第 70 天加入鹽水種植，而其植株生成結晶雖有增加，但植株面積開始停止繼續生長，而混合養液後 EC 值會隨著鹽量多寡而上升、而 pH 值則隨著種植時間逐漸下降，期下降為水耕種植特性，當植物生長到一定階段將會自行調整水質達到利於生長範圍，而水質 pH 普遍偏酸性

。生長期 B1 及 B2 植株平均側枝數數據如圖 7，鹽水加入後 EC 變化如圖 8，pH 變化如圖 9。

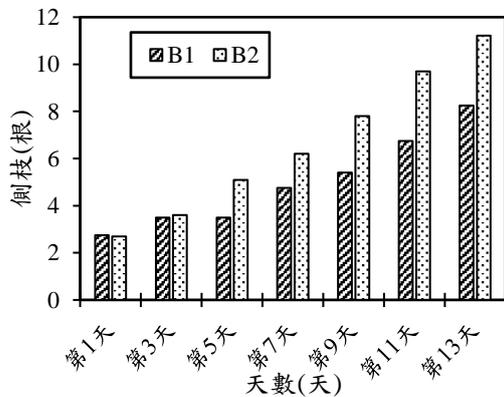


圖 7. B1、B2 側枝數量比較

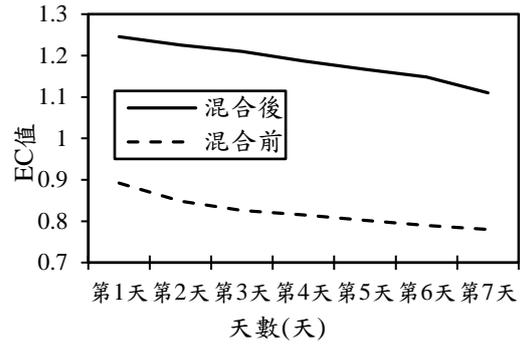


圖 8. 加入鹽水後 EC 變化

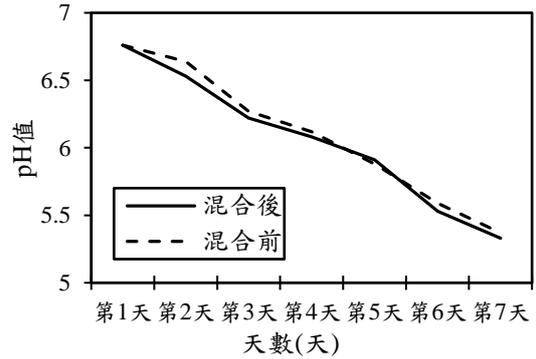


圖 9. 加入鹽水後 pH 變化

(3) 開花期

當層架有出現花苞後先記錄種植天數，B1 及 B2 層架皆在 119 天出現花苞，在 125 天開花，當植株有第 1 朵開花後，紀錄 6 天後各層開花之總數量。開花記錄如圖 10。

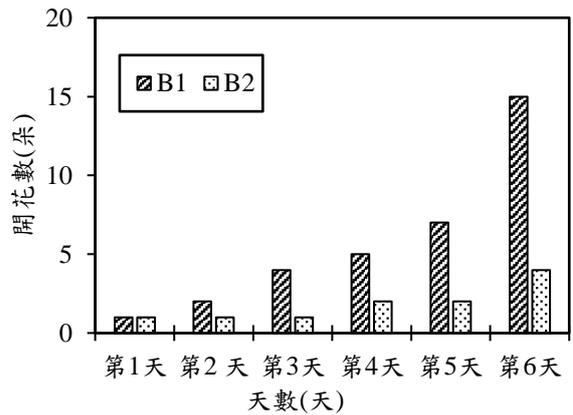


圖 10. B1、B2 開花數量比較

3.2.2 第二組實驗

(1) 幼苗期

實驗步驟及數據紀錄同第一組實驗，而將第二組幼苗置入層架 C1 及 C2，層架燈光配比

(附錄表 2.)，記錄在幼苗期 21 天之冰花葉長。

幼苗期 C1 及 C2 植株葉長數據如圖 11。

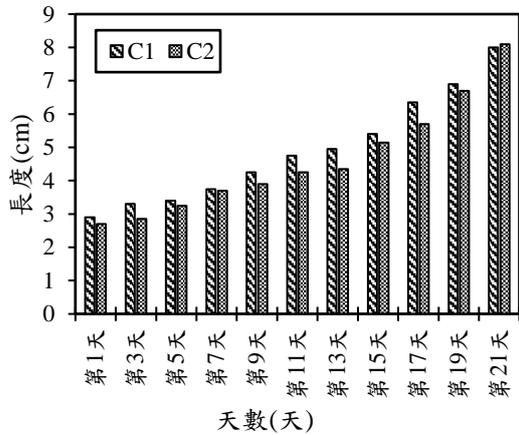


圖 11. C1、C2 葉長比較

(2) 生長期

實驗步驟及數據紀錄同第一組實驗，並於種植第 56 天加入鹽水種植，一開始結晶量並沒有明顯提升，但當側枝已生長至一定長度，其生成結晶開始增加，且植株面積並無停止生長。生長期 C1 及 C2 植株平均側枝數數據如圖 12，鹽水加入後 EC 變化如圖 13，pH 變化如圖 14。

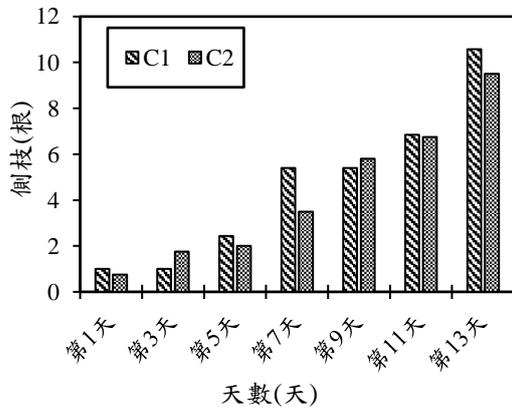


圖 12. C1、C2 側枝數量比較

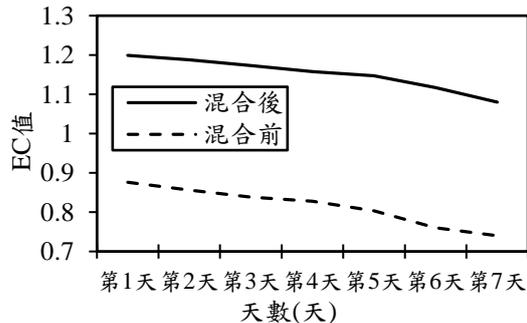


圖 13. 加入鹽水後 EC 變化

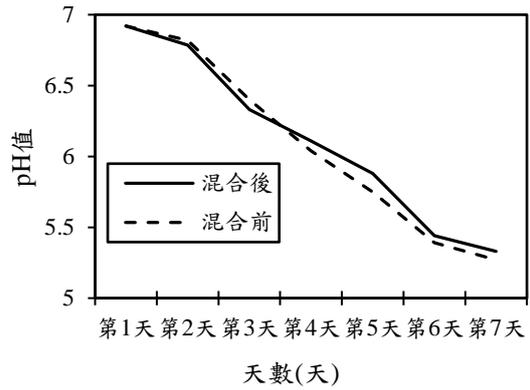


圖 14. 加入鹽水後 pH 變化

(3) 開花期

實驗步驟及數據紀錄同第一組實驗，C1 及 C2 層架分別在 117 天與 119 天出現花苞，C1 層架在 122 天開花而 C2 層架在 125 天開花。開花記錄如圖 15。

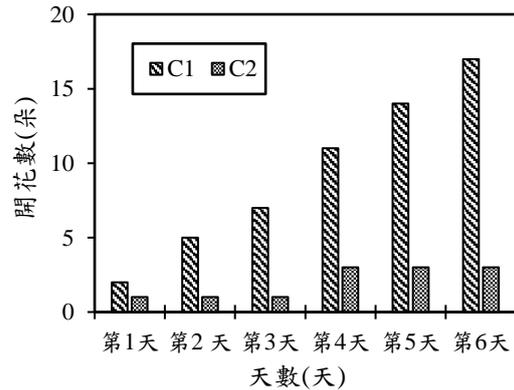


圖 15. C1、C2 開花數量比較

四、結果與討論

透過兩組實驗，將各生長期數據統整後，進行討論與分析。

4.1 幼苗期

統整兩次實驗之幼苗期數據如圖 16。

幼苗期結果比較：依葉片大小判別在幼苗期，生長品質之優異為：B2>B1>C2>C1，而 B2 層架之幼苗葉片為最大，C1 層架加入藍光比例較多，根系應比 B1 更為強壯，但在幼苗期

藍光對於根系的影響並未如此顯著，故在幼苗期應先擴大植株的葉片來加強根系的發展。

討論結果：在幼苗期選用 B2 層架之光質比組合(附錄表 2.)對於冰花之生長品質較為合適。

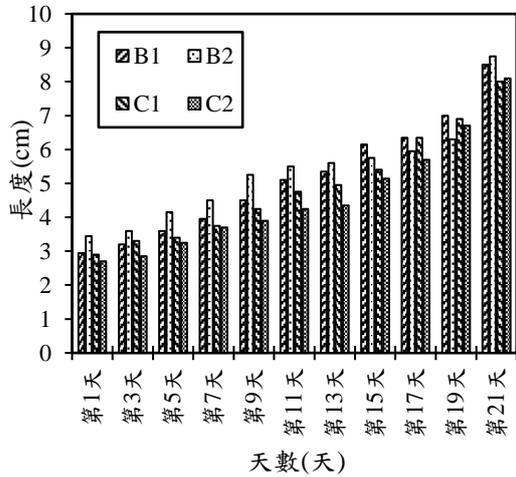


圖 16. 四層架幼苗葉長比較

4.2 生長期

統整兩次實驗之生長期數據如圖 17。

生長期結果比較：依側枝生長數量判別在生長期，生長品質之優異為：B2>C1>C2>B1，雖然 B2 側枝數較多，但 B2 根系與 C1 相比較細小，且加入紅光較多的 B2 及 C2 與藍光較多的 B1 及 C1 相比，葉片對數也來的較少。

討論結果：在生長期選用 C1 層架之光質比組合(附錄表 2.)對於冰花之生長品質較為合適。

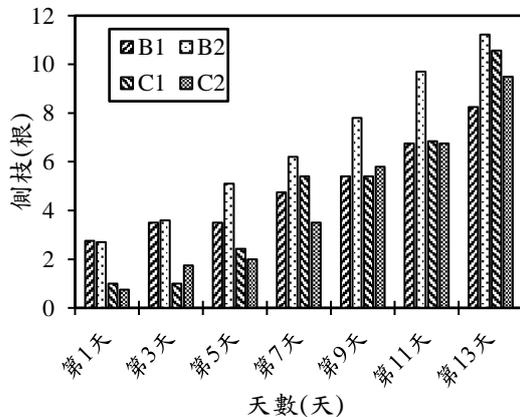


圖 17. 四層架之側枝數比較

4.3 開花期

統整兩次實驗之生長期數據如圖 18。

開花期結果比較：依開花朵數判別出開花期，生長品質之優異為：C1>B1>B2>C2，從此討論出藍光對於冰花性向(開花)的發展，有較顯著的成果。

討論結果：在開花期選用 C1 層架之光質比組合(附錄表 2.)對於冰花之生長品質較為合適。

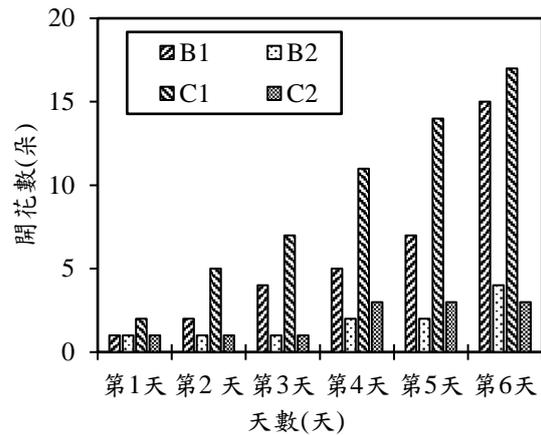


圖 18. 四層架之開花數比較

4.4 收成

本實驗收成依根重、鮮重、鹽度、葉長、葉寬五種數據做出優劣，而其統計方式為將採收樣本之最大數值作為雷達圖之 100%，再將其採收平均數值做運算，得到以下比較圖如圖 19，而圖 20. 到圖 23. 為收成之成果。

最後收成結果比較：生長品質之優異排序為：C1>B1>B2>C2，其中 C1 的光質比組合藍光照射最多，C1 根系也明顯比其他層架強壯而照射紅光較多的 B2 及 C2，由於一開始徒長現象較不明顯其植株生長速度較快，但到了種植後期徒長現象開始明顯，照射紅光較多的 B2 及 C2 葉片開始萎縮且細長，新葉生長也較緩慢、性向發展也較晚。

討論結果：在進入生長期後應加入較多的藍光對冰花之生長品質較佳，幼苗期採用 B2 光質比組合，生長期後採用 C1 光質比組合(附

錄表 2.)。

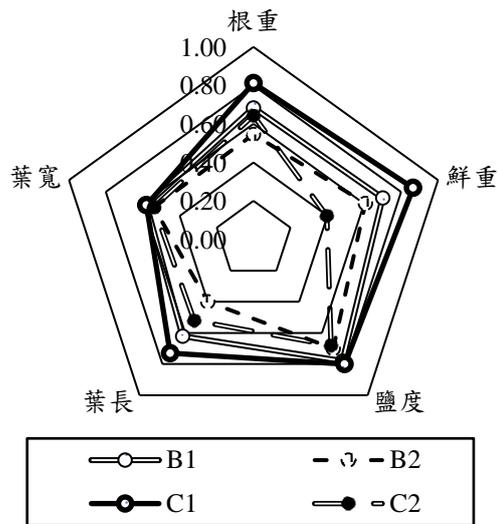


圖 19. 收成品質比較



圖 20. B1 層架收成之成果



圖 21. B2 層架收成之成果



圖 22. C1 層架收成之成果



圖 23. C2 層架收成之成果

五、結論

本專題在於研究冰花在不同 LED 光質比組合照射下各生長階段之生長品質差異，並探討出最適合冰花生長之光質比組合，且在生長期中在養液加入鹽水加強冰花鹽結晶轉換量，而依數據成果歸納出以下結論：

1. 在統整了冰花各生長期適合光質比組合數據中，我們可以討論出：
 - (1) 在幼苗期 B2 層架藍綠紅光比例為 (15%:13%:72%)，可以讓幼苗葉片生長較大來提升未來根系的發展。
 - (2) 在生長期 C1 層架藍綠紅光比例為 (35%:17%:48%)，其葉片對數、根系發展都較優於其他三組，雖然數據 B2 側枝的生長數最多，但其葉片對數相對來的比 C1 少，且葉片較屬細長形，故不採用。
 - (3) 在開花期 C1 層架藍綠紅光比例為 (35%:17%:48%)，由於其藍光照射較其

- 他組更多，故其性向(開花)也較明顯。
2. 在紅光照射最多的 C2 藍綠紅光比例 (10%:2%:88%)層架中，由於其他色光光照較缺乏，其種植後期徒長萎縮狀況非常明顯，且莖部過度生長，而開花朵數也較其他組來的低。
 3. C層架與B層架在養液加入鹽水的時間點不同，而 C1 加入鹽水的時間較早，對於後期植株涵蓋面積會較B層架來的更廣，而若在提早加入，植株會因生長並未完全無法適應鹽水的生長環境，故在養液加入鹽水的時間點應在生長期前段。

六、致謝

非常感謝指導老師張仲良教授的細心教導，從每次的討論中漸漸將專題從無到有，按部就班的將進度完成，且在我們遇到困難瓶頸時適時給予我們建議與協助。還有感謝實驗室的學長們，教導我們種植的各項知識、儀器的使用還有數據的採集與呈現，也給予我們專題上許多的建議，使本專題得以順利完成。

七、參考文獻

- [1] 林雅慧，適用於植物工廠之無線感測監控管理平台研究與實作，2011年。
- [2] 陳品叡，以品質機能展開探討植物工廠之關鍵成功因素，2014年。
- [3] 李郁淳，新興作物冰花，台南區農情月刊 213期，第3版，2014年。
- [4] P. Adams, D. Nelson, S. Yamada, W. Chmara, R. Jensen, H. Bohnert, H. Griffiths, "Growth and Development of Mesembryanthemum Crystallinum", New Phytologist, Volume 138(2), pages 171-190,1998.
- [5] H. Shimizu, Y. Saito, H. Nakashima, J.

Miyasaka, K. Ohdoi, "Light Environment Optimization for Lettuce Growth in Plant Factory", IFAC Proceedings, Volume 44(1), pages 605-609, January, 2011.

[6] 陶雯、黃淵軍，非洲冰花長江蔬菜，長江蔬菜，第19期，第26~27頁，2014年。

[7] M. A. Khan, S. Gulza, "Light, Salinity, and Temperature Effects on The Seed Germination of Perennial Grasses", Volume 90(1), pages 131-134, January, 2003.

[8] 彭武，一種非洲冰花的無土種植方法，專利編號 CN104719115A，中華人民共和國。

[9] N. S. Mattson, C. Peters, "A Recipe for Hydroponic Success", Inside Grower Magazine, pages 16-19, 2014.

[10] H. H. Kim, M. Wheeler, A. Mitchell, "Plant Productivity in Response to LED Lighting", HortScience, Volume 43(7), pages 1951- 1956, 2008.

八、附錄

表 1. 實驗材料

材料	數量	備註
保麗龍穴盤	4	穴盤尺寸 60*93*3.5 cm 單穴尺寸 2.2*2.2*3 cm
水管	2	口徑 1.5 cm
燒杯	2	1 L
皮尺	1	
鏟子	2	
玻棒	2	
酒精	1	1 L
氫氧化鈉	1	
花寶 5 號	1	
沉水馬達	3	
果汁機	1	

表 2. 各層架之光配比

層架	光質組合比例
B1	藍/綠/紅→28%:34%:38%
B2	藍/綠/紅→15%:13%:72%
C1	藍/綠/紅→35%:17%:48%
C2	藍/綠/紅→10%:2%:88%

the increase growth quality method.

Key words: Plant factory, Light Emitting Diode (LED), Hydroponic, Mesembryanthemum Crystallinum

The growth response of Mesembryanthemum Crystallinum at different stages to Multi-Band LED lighting

Bing-Liang Chung, Zheng-Yu Wang
and Shi-Zhe Hong

Advisor: Chung-Liang Chang

Abstract

The purpose of this independent study is to observe the difference in the growth quality of Mesembryanthemum Crystallinum in the hydroponic system when the four groups of LED light quality combination, They are blue light (28%): green light (34%): red light (38%); blue light (15%): green light (13%): red light (72%); blue light (35%): green light (17%): red light (48%); blue light (10%): green light (2%): red light (88%), respectively. Ambient temperature are $21^{\circ}\text{C}\pm 1.5^{\circ}\text{C}$, humidity $37\%\pm 8\%$, carbon dioxide concentration $930\pm 50\text{ppm}$. The findings will discuss most suit light quality combination for Mesembryanthemum Crystallinum growth, in addition, how does this research also aim at increases the Mesembryanthemum Crystallinum crystallization quantity way to carry on the experiment and the confirmation. Takes advantage of this obtains Mesembryanthemum Crystallinum the best cultivation condition and

魚菜共生技術之適用性與調整方法之研究

學生姓名：鄭光宇 陳志泰 黃楷銘

指導老師：張仲良 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題旨在研究現有魚菜共生系統內，在不裝設硝化系統的條件下，其水質以及營養成分的變化，進而觀察魚群與菜種彼此間的耐受程度，並從中找出調整的方法，讓管理者能有效維持魚與菜生長間的平衡，進而實施於大場域的魚菜共生系統管理，且使整體經濟效益達到最大化。

關鍵詞:魚菜共生、巨量元素、微量元素、水耕

一、引言

根據美國人口普查局的"全球人口時鐘"顯示全球人口每天平均淨增 198720 人，在人口不斷增加的趨勢下，糧食的需求也隨之增加，但全球土地卻在經濟發展日漸擴增下，多用於民生住宅及工商建設，使得農地面積極速減縮，然而在農耕面積有限的狀況下，仍必須供應足夠的糧食作物滿足大量人口的需求，以至於現有的種植模式極需突破及改變，因此產生出植物工廠和魚菜共生等創新的栽培技術。

1.1 魚菜共生定義

「魚菜共生」即是將魚與植物共同培養在一人造生態循環系統之中，並利用細菌自然的循環將魚產生的廢物轉變成植物的養分。魚菜共生同時兼具水產養殖與水耕栽培兩者的優

點，但卻不需排放用水與過濾穢物，更不需額外添加化學肥料，是一個對環境友善且能讓植物自然生長的栽培方法[1]。

1.2 魚菜共生系統現況

單純的循環水養殖在較高的硬體成本考量下，多會選擇提高養殖生物的密度已增加單位水量的生產量。為了處理因超高密度養殖魚隻時所產生的極大量含氮廢物，在循環水養殖系統中必定會設置水質過濾處理設備。不過，即便過濾設備規劃與運作得在完善，仍需要定期排水與換水。此時，排出的水體裡因含有大量含氮廢物，將會對環境造成汙染。

而一個建構完善的魚菜共生系統幾乎不需要排放廢水，僅需補充因自然蒸發、水沫飛濺等因素所造成的水分減少即可——不僅可以節省用水，也不會排放含有大量含氮廢物的水體至環境中造成汙染，且水耕栽培區的植物會吸收來自於魚隻排泄物轉化而成的肥料茁壯成長甚至結果。因此，魚菜共生常被視為是一種低汙染、高收成的永續農業[2]。

一般魚菜共生系統的缺點為，需使用消化槽作為硝化菌的寄宿對象，由於建置費用太高，以至於一般的魚菜共生系統有區域性的限制。且由於硝化菌是進行硝化作用將環境中的總氮態氮轉化為其他形式的氮以利植物吸收，所以硝化槽主要是提供氮肥，以至於水中

會缺乏其它如鉀、磷、鈣和鐵等巨量及微量元素[2]。

為因應上述所說的缺點，所以本專題實驗致力於如何可使魚菜共生套用於大範圍的環境中，且使整體經濟效益達到最大化。

二、實驗材料

2.1 材料與設備

本次實驗場域如圖 1，選擇在長 590 cm 寬 300 cm 高 225 cm 的車棚式溫室裡進行，並且選用了紅尼羅魚的成魚及幼魚各 9 隻，再從東和菜苗團購入的 24 株奶油萵苣進行魚菜共生實驗。

表 1. 種植材料與設備

	名稱	數量
1	溫室	1 座
2	紅尼羅魚(小)	9 隻
3	紅尼羅魚(大)	9 隻
4	奶油萵苣幼苗	24 株



圖 1. 溫室照片

2.2 量測儀器

在實驗的儀器選用上，一開始要穩定菜盆以及紅尼羅魚的水中含氧量，所以利用 DO 感測器使得含氧量穩定在 7.0 mg/l ~ 8.5 mg/l 間，而在隨著作物生長，水中 pH 值會持續下降，因此運用 EC/pH 感測器進行控制，使 pH 值維持在標準內。最後在數據分析中，使用正規化差異植生指數計得知相對葉綠素，及 NO₃-量測器量測硝酸鹽含量。

表 2. 實驗儀器

	名稱	數量
1	DO 感測器	1 台
2	EC/pH 感測器	1 台
3	正規化差異植生指數計	1 台
4	NO ₃ -量測器	1 台

2.3 水質調整方法

我們於第一次實驗後發現可能缺乏的氮、鈣、鉀及鐵，因此使用了磷酸一銨補充氮、硝酸鈣補充鈣、硝酸鉀補充鉀以及硫酸亞鐵補充鐵，而於實驗過程中再搭配氫氧化鈣和氫氧化鉀進行 pH 值調和。其他實驗相關使用器材詳情於附錄(一)

表 3. 化學元素

	名稱	數量
1	硝酸鈣	1 瓶
2	硝酸鉀	1 瓶
3	磷酸一銨	1 瓶
4	硫酸亞鐵	1 瓶
5	氫氧化鈣	1 瓶
6	氫氧化鉀	1 瓶

三、研究方法與內容

3.1 實驗規劃與設計

本次實驗設計分為兩次，於第一次實驗中先找出可能缺乏的元素後，在第二次實驗中加入相對應的化學元素，且使用交叉比對之方法，比對出元素對植株的差異所在，及魚隻在比對的元素水質中能否適應環境，進而探討如何可套用於大範圍魚菜共生且使經濟效益達到最大化。

3.1.1 魚種及菜苗介紹

(1) 奶油萵苣

其學名 *Lettuce sativa*，英文名 Butter Lettuce，又稱奶油生菜、波士頓萵苣、義大利生菜，原產於歐洲，半結球萵苣，葉綠色，葉緣皺摺。

(2)紅尼羅魚

紅色吳郭魚(Oreochromis sp.,Red Tilapia),俗稱紅尼羅魚、紅郭魚、及埃及紅魚,肉質、顏色均佳,由郭河所長選種雜交成功並開始繁殖。

3.1.2 實驗設計

第一次實驗:

將三組(A、B、C)實驗盆,以未加任何元素的水進行魚菜共生實驗,找出可能缺乏的元素,發現可能缺乏元素為氮、鈣、鉀、鐵。

實驗過程中如何發現所缺元素:

- (1) 氮:由於本實驗為因應大範圍魚菜共生,因此未設置硝化槽,以至於無法產生足夠的氮肥。
- (2) 鉀:於實驗中發現,植物葉緣部分出現乾枯的現象,及根部出現爛根的狀況。
- (3) 鈣、鐵:於實驗過程中發現葉片出現黃白化現象,但由於缺鈣與缺鐵症狀類似,因此需於第二次實驗才可確定是缺鈣還是缺鐵。

第二次實驗:

將 A 盆加入硝酸鈣、磷酸一銨、硝酸鉀及以硫酸亞鐵進行葉面施肥;將 B 盆加入硝酸鈣以及磷酸一銨;將 C 盆加入硝酸鉀、磷酸一銨及以硫酸亞鐵進行葉面施肥,並於三十三天後收成,且進行數據比較後,探討如何可使大範圍魚菜共生的經濟效益達到最大化。

所缺元素所對應之化學元素:

- (1)氮→磷酸一銨
- (2)鉀→硝酸鉀
- (3)鈣→硝酸鈣
- (4)鐵→硫酸亞鐵

3.2 養液調配比例

每盆養液總水量:

$$46.8 \text{ L(魚池)} + 15.6 \text{ L(菜盆)} = 62.4 \text{ L}。$$

由台中區農業改良場高德錚博士,水耕營養調配與管理第3~4頁可知表4中硝酸鈣、硝酸鉀及磷酸一銨的調配比例[3]。

表 4. 養液調配比例(公克/1000 公升 RO 水)

名稱	克數
硝酸鈣	94
硝酸鉀	484
磷酸一銨	62
硫酸亞鐵	2000

硝酸鈣:

$$1000:94 = 62.4:W, W = 5.9 \text{ (g)}$$

硝酸鉀:

$$1000:484 = 62.4:X, X = 3.9 \text{ (g)}$$

磷酸一銨:

$$1000:62 = 62.4:Y, Y = 30.2 \text{ (g)}$$

硫酸亞鐵(施以葉面噴灑施肥):

$$1000:2000 = 0.5:Z, Z = 1 \text{ (g)}$$

3.3 實驗流程與說明

本實驗的流程順序如圖 2 所示。

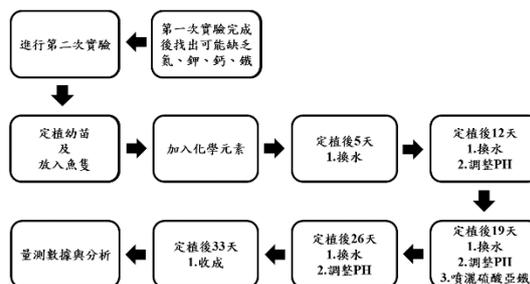


圖 2.實驗流程

流程說明:

(a)加入化學元素

如圖 3. 由左至右分別為 B、C、A 三盆,其 A 盆加入硝酸鈣、磷酸一銨和硝酸鉀;B 盆加入硝酸鈣以及磷酸一銨;C 盆加入硝酸鉀以及磷酸一銨。



圖 3. 溫室菜盆

(b)換水

將 A、B、C 菜盆中的水，分別倒入 A、B、C 魚池中混合均勻後(如有調整 pH 在此時加入氫氧化鉀或氫氧化鈣)，如圖 4。由左至右分別為 B、C、A 三桶魚池中的水，分別抽回對應的 A、B、C 菜盆中。



圖 4. 溫室魚池

(c)定植 12 天調整 pH

A 盆加入氫氧化鉀；B 盆加入氫氧化鈣；C 盆加入氫氧化鉀。

(d)定植 19 天調整 pH 且噴灑硫酸亞鐵

A 盆加入氫氧化鈣且葉面噴灑硫酸亞鐵；B 盆加入氫氧化鈣；C 盆加入氫氧化鉀且葉面噴灑硫酸亞鐵。

(e)定植 26 天調整 pH

A 盆加入氫氧化鉀；B 盆加入氫氧化鈣；C 盆加入氫氧化鉀。

(f)量測數據與分析

量測 NDVI、葉重、莖重、根重、葉片數、整鮮重和硝酸鹽，並將 A、B、C 盆所得數據進行比較。其他詳細實驗流程於附錄(二)

3.4 環境數據

由圖 5 可以發現 B 盆由於未加入鉀元素，導致其 EC 值遠遠不及 A 盆及 C 盆的 EC 值。

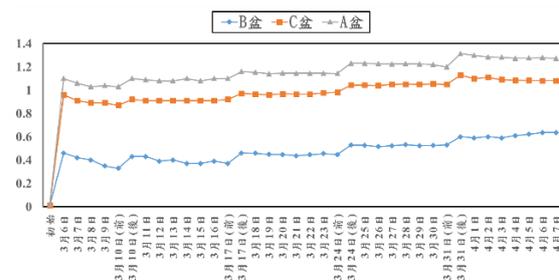


圖 5. 菜盆 EC 變化(單位: mS/m)

由圖 6 可發現差不多一周 pH 就會掉至 5.5 上下，因此我們實驗過程中一周就會調整一次 pH 至 6.5~7 之間。其他實驗環境數據詳情於附錄(三)。

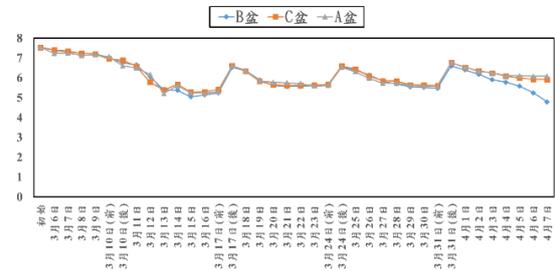


圖 6. 菜盆 pH 變化

四、結果與討論

本實驗於種植 33 天後收成，且取得 A、B、C 盆中每棵作物的葉片數、葉片重、整鮮重、根重、NDVI 和硝酸鹽後，將各盆的數據平均進行比較，進而探討出何種種植方法可使大範圍魚菜共生的經濟效益達到最大化。

4.1 種植 33 天後作物收成數據之比較

4.1.1 葉片重平均比較

從圖 7 可知葉片的重量 C > A > B，但 C 與 A 的葉片重量差不多，而 B 卻明顯嚴重的發育不良，因此可確定於缺鉀的狀況下，並不有利於作物生長，而以經濟效益的角度，C 的葉片於三者中重最重，因此有較高的經濟效益。

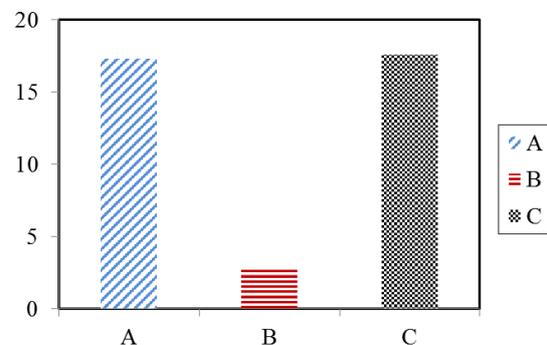


圖 7. 葉片重平均(單位: 公克)

4.1.2 葉片數平均比較

從圖 8 可知葉片的數量 $B > C > A$ ，配合圖 7 可發現 A 葉片大卻數量少，其幼芽的生長狀況並不如 B 跟 C 來的好；從 B 葉片小卻數量多，可發現其葉片無法正常成長，最後可發現 C 於幼芽的生長及葉片的成長是三者中，不論於短天期收成或長天期收成占有最大的優勢。

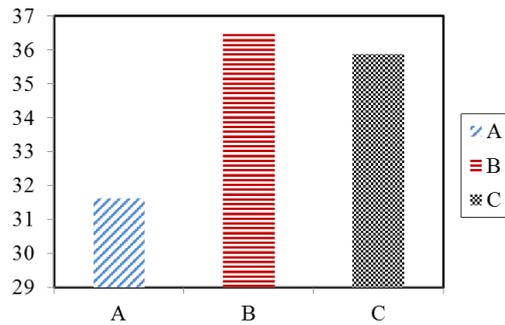


圖 8. 葉片數平均

4.1.3 整鮮重平均比較

整鮮重=莖重+葉片重，從圖 9 可知整鮮重 $A > C > B$ ，可發現 A 的莖是三者中最重的，但以目前奶油萵苣(波士頓生菜)的社會食用方式多以製成生菜沙拉為主，而莖的部分口感較差，所以較少人使用，甚至大部分的餐廳不會將其入菜，因此以經濟效益的角度，C 的經濟效益較高。

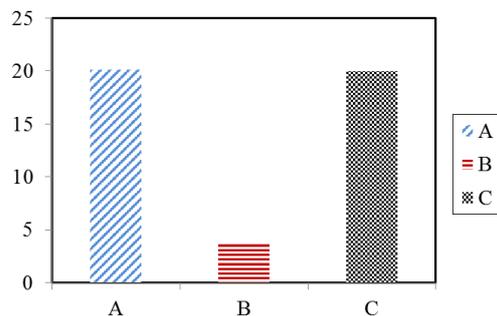


圖 9. 整鮮重平均(單位: 公克)

4.1.4 根重平均比較

從圖 10 可知根部重量 $C > A > B$ ，而從根部發展狀況就可得知作物生長狀況是否良好，當作物生長狀況良好時，根部應是白皙且

細根多如圖 11 中的 C4，反之從圖 11 可看出 B4 根部的發展狀況極差且，應是缺鉀引發的現象。

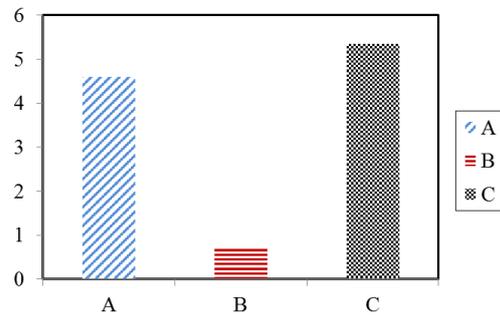


圖 10. 根重平均(單位: 公克)



圖 11. A4、B4、C4 的根部比較照片

4.1.5 NDVI(標準化植被指數)平均比較

從圖 12 可知 $C > A > B$ 。NDVI 的範圍介於 1 至 -1 之間，而 NDVI 的值越高，代表作物綠化程度越高，且生長狀況越好，由圖 12 可發現 C 的 NDVI 的值比 A 來的高，且由圖 13 可發現 A4 的黃化程度較 C4 來的嚴重，這就代表硫酸亞鐵噴灑的次數 A 要來的比 C 頻繁，以經濟效益的角度，硫酸亞鐵噴灑次數越多成本費越高，因此 C 的經濟效益最高。

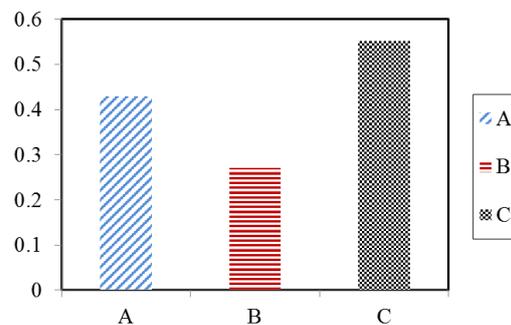


圖 12. NDVI 平均

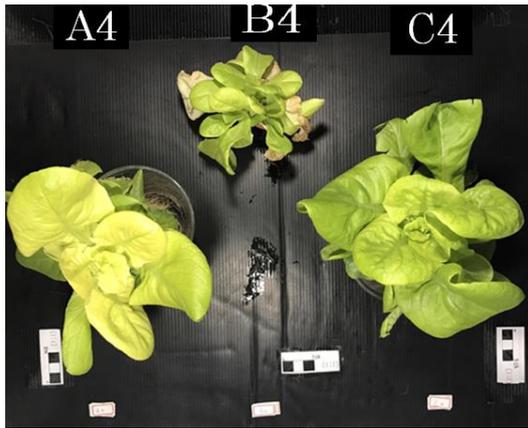


圖 13. A4、B4、C4 的葉片比較照片

4.1.6 硝酸鹽平均比較

從圖 14 可知硝酸鹽含量 $A > B > C$ ，而硝酸鹽含量如果過高可能會阻礙人體紅血球攜氧功能，甚至有些嬰兒會出現藍嬰症[4]，所以歐盟於 2011 年 12 月 2 日公布出萵苣 (lettuce) 之最大硝酸鹽含量標準，依收成季節及場域之不同而有不同的標準[5]，如表 5 所示。

對照表 5 後我們可以發現 A 的硝酸鹽有超標的現象(本實驗於 4 月 7 日採收且為露天種植，所以硝酸鹽最大限量為 3000 ppm)，而 C 在三者之中硝酸鹽含量是最低的且有在範圍值內，這也代表 C 在三至者之中對人體的危害最小。詳細數據表格於附錄(四)

表 5. 歐盟公布萵苣最大硝酸鹽含量標準

農作物	採收期及栽培方式	最大限量 (ppm)
新鮮萵苣	10/01 ~ 03/31 採收	5000
	非露天	
	露天	4000
	04/01 ~ 09/30 採收	3000
	非露天	
	露天	

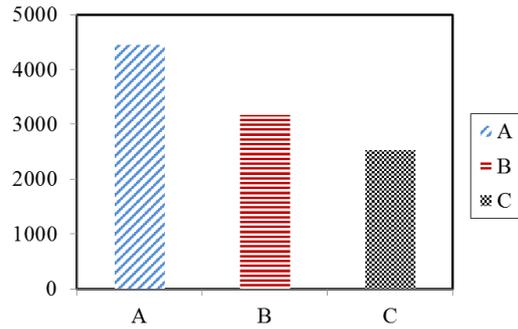


圖 14. 硝酸鹽平均(單位: ppm)

4.2 討論結果

本次實驗我們發現在三盆養液中生活 33 天的魚隻，不論是成魚或幼魚皆沒有死亡的狀況發生，由此可見得魚隻是可以適應此種環境，且從上述 4.1 節比較的結果我們可以得知在 C 盆生長的作物各方面皆是三盆中最優異的，因此我們可以判斷出在魚菜共生中，鈣對短天期作物的影響並不大，而氮、鉀及鐵對短天期作物是相當重要的元素。

五、結論

本專題主要致力於突破舊有魚菜共生系統中，僅適用於小範圍且須使用硝化系統的缺點，而於本次專題實驗我們整理出的結論如下：

(1)本次專題實驗我們成功找出了短天期作物在無硝化系統的狀態下主要缺乏的元素為氮、鉀及鐵，並發現在養液中加入氮、鉀及鐵的相對應元素(磷酸一銨、硝酸鉀、硫酸亞鐵)後，可使作物生長狀況良好，且未造成作物的硝酸鹽含量超標，所以是可安心食用的，而所加入的元素也不會對魚隻的生存造成威脅，相信在日後如果將此魚菜共生方法使用於大範圍的魚塢，將可使農民的經濟收入增加，且有機會稍稍舒緩目前全球的糧食危機。

(2)養液施用方面，我們發現硫酸亞鐵(稀釋比例為 500 公克的水加入 1 公克的硫酸亞鐵)的

噴灑週期應為兩週噴灑一次最為剛好，因為於噴灑兩週後，葉片會再次出現黃化現象。

(3)pH 調整方面，我們發現使用氫氧化鉀對作物的效果會比使用氫氧化鈣來的好，因為我們發現短天期作物對鈣的需求並不大，反而是對鉀有極大的需求，實驗結果也顯示單純使用氫氧化鉀調整 pH 的作物生長狀況較好，而氫氧化鉀的添加週期應為一週添加一次，將 pH 調至 6.5~7 較佳，因為將 pH 調至 6.5~7 的一週後 pH 就會降至 5.5 上下，如果 pH 低於 5.5 將不利於作物生長。

六、致謝

非常感謝本專題實驗指導老師張仲良博士的細心指導，從一開始引導專題方向，再到每個禮拜的討論，秉持按部就班的理念，讓我們的專題從無形到有形。當我們在瓶頸之際，老師常常會為我們指點迷津，使得我們專題柳暗花明又一村的出現一線生機，老師的敦敦教誨，澤深思重使我們獲益良多。也感謝水產養殖系吳孟宗老師在魚隻上的大量提供以及森林系皓軒學長在專題上的幫忙，也感謝偉倫學長在種植方面上的技巧與知識指導，以及峻墉學長與冠旻學長過程中的鼎力相助，最後謝謝實驗室各位學長的出手相助，使我們專題能夠冰消凍釋如期完成，也感謝組員們齊心協力的克服一切，沒有各位的幫忙就沒有今天的成果，銘感不忘。

七、參考文獻

- [1]The Aquaponics Gardening Community
<http://communitty.theaquaponicsource.com/>
- [2] 吳瑞祺，魚菜共生自學指南，積木文化，2016 年。
- [3] 高德錚，水耕營養調配與管理，第 3~4 頁，台中區農業改良場，1978 年。
- [4] 主婦聯盟環境保護基金會，蔬菜硝酸鹽含

量高-危害健康與環境，電子專欄文章，2010 年 10 月 28 日。

- [5] 王仁助、蔡淑珍、吳宗諺，蔬菜中硝酸鹽的思辨，苗栗區農業改良場專刊；62 期，2013 年 8 月 9 日。
- [6] 楊清富、鄭安秀，魚菜共生系統原理與方法，臺南區農業改良場技術專刊；165 期，2016 年 9 月。
- [7] 陳瑤湖、梁榮元，魚菜共生體系發展研究與展望，農業生技產業季刊 46 期，2016 年。
- [8] 楊哲一，吳郭魚與珠蔥之淡水魚菜共生系統研究，臺灣大學生物環境系統工程學研究所，碩士論文，2016 年。
- [9] 王獻堂，魚菜共生：水培趣，打造可食的綠色風景，尖端出版社，2013 年。
- [10] 簡道南，認識化學肥料，台肥季刊第四十五卷 第二期，2007 年。
- [11]S. v. Gorder, "Small Scale Aquaculture and Aquaponics,"Aquaponics Journal,volume7,no.3, Nelson and Pade, Inc, 2003.
- [12]S. Jones, "Evolution of Aquaponics," Aquaponics Journal, volume6,no.3, Nelson and Pade, Inc, 2002.
- [13]W. Lennard, "Dr Wilson Lennard on Commercial Aquaponics," Aquaponics Commerciaa Systems, Eco Films, 2011.
- [14]MT. Mageau,B. Radtke,J. Fazendin,T. Ledin, "The Aquaponics Solution, " Solutions,volume 6, 2015.
- [15]A. Aibak, "Fundamentals of Aquaponics," Urbanspace Aquaponics, 2017.

八、附錄

附錄(一)

表 6. 實驗材料

	名稱	數量	備註
1	普利桶	3個	容量:70公升
2	沉水馬達	3個	揚程:0.9m
3	橡膠管	1條	橡膠管內徑:0.9mm
4	密林	3個	L53*W42.5*H13(cm)
5	溫室	1座	
6	穴盆	24個	
7	紅尼羅魚(小)	9隻	身長:7.3~8.5cm
8	紅尼羅魚(大)	9隻	身長:18.5~19.8cm
9	奶油萵苣幼苗	24株	
10	電子磅秤	1台	單位:g
11	DO感測器	1台	單位:mg/L
12	EC/PH感測器	1台	單位:EC:ms/cm
13	正規化差異植生指數計	1台	量測值:NDVI
14	NO3-量測器	1台	單位:ppm
15	Ca2+量測器	1台	單位:ppm
16	果汁機	1台	
17	硝酸鈣	1瓶	
18	硝酸鉀	1瓶	
19	磷酸一銨	1瓶	
20	硫酸亞鐵	1瓶	
21	氫氧化鈣	1瓶	
22	氫氧化鉀	1瓶	
23	光亮子計	1台	單位:ppf
24	溫度感測器	1台	單位:°C
25	濕度感測器	1台	單位:%
26	紗網	4尺	
27	束帶	數條	
28	燒杯	3個	容量:1000ml
29	玻棒	1支	
30	暗箱	1組	

附錄(二)

A 盆:

3月6日:

將8盆奶油萵苣幼苗定植,且將3隻成魚及3隻幼魚放入A魚池後,加入硝酸鈣、磷酸一銨和硝酸鉀。

3月17日:

換水時發現pH低於5.5,因此加入氫氧化鉀將pH提至6.5以上。

3月24日:

發現pH逼近5.5,所以加入氫氧化鈣將pH調至6.5以上。且發現幼葉有黃化現象,因此於葉面噴灑硫酸亞鐵。

3月31日:

發現pH逼近5.5,所以加入氫氧化鉀將pH調至6.5以上。且發現葉片有明顯綠化。

4月7日:

收成、量測數據(NDVI、葉重、莖重、根重、葉片數、整鮮重和硝酸鹽),且於B和C進行比較。

B 盆:

3月6日:

將8盆奶油萵苣幼苗定植,且將3隻成魚及3隻幼魚放入B魚池後,加入硝酸鈣以及磷酸一銨。

3月17日:

換水時發現pH低於5.5,因此加入氫氧化鈣將pH提至6.5以上。

3月24日:

發現pH逼近5.5,所以加入氫氧化鈣將pH調至6.5以上。

3月31日:

發現pH逼近5.5,所以加入氫氧化鈣將pH調至6.5以上。

4月7日:

收成、量測數據(NDVI、葉重、莖重、根重、葉片數、整鮮重和硝酸鹽),且於A和C進行比較。

C 盆:

3月6日:

將8盆奶油萵苣幼苗定植,且將3隻成魚及3隻幼魚放入C魚池後,加入硝酸鉀以及磷酸一銨。

3月17日:

換水時發現pH低於5.5,因此加入氫氧化鉀將pH提至6.5以上。

3月24日:

發現pH逼近5.5,所以加入氫氧化鉀將pH調至6.5以上。且發現幼葉有黃化現象,因此於葉面噴灑硫酸亞鐵。

3月31日:

發現pH逼近5.5,所以加入氫氧化鉀將pH調至6.5以上。且發現葉片有明顯綠化。

4月7日:

收成、量測數據(NDVI、葉重、莖重、根重、葉片數、整鮮重和硝酸鹽)，且於A和B進行比較。

附錄(三)

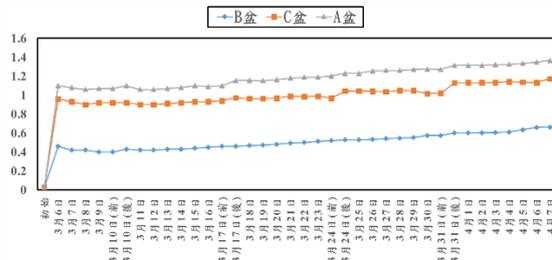


圖 15. 魚池 EC 變化(單位: mS/m)

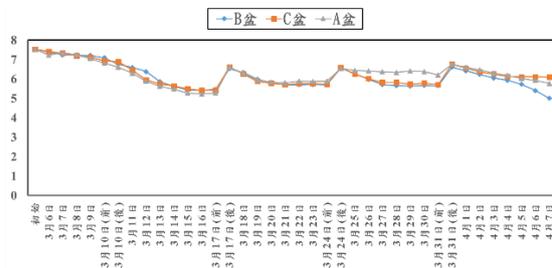


圖 16. 魚池 pH 變化

表 7. 各盆的 DO(單位: mg/l)

組別	A	B	C
魚池 DO	8.175	8.165	8.112
菜盆 DO	7.333	7.434	7.344

附錄(四)

表 8. A、B、C 各盆作物平均收成數據

組別	A	B	C
硝酸鹽平均(ppm)	4450	3175	2525
根重平均(g)	4.6	0.725	5.35
莖重平均(g)	2.87	1	2.41
葉重平均(g)	17.3	2.88	17.61
整鮮重平均(g)	20.17	3.88	20.02
葉片數平均(g)	31.62	36.5	35.87
NDVI 平均	0.42	0.27	0.55

表 9. A、B、C 各盆種植 33 天的耗水量

組別	A	B	C
耗水量(公升)	14.29	13.15	15.6

Study of Water Quality Management and Control Method in Aquaponics System

Guang-Yu Jheng, Jhin-Tai Chen, Kai-Ming Huang

Advisor: Chung-Liang Chang

Department of Biosystems Engineering

National Pintung University of Science and Technology

Abstract

Our project is intended to research present aquaponics without nitrification system. Observing tolerance between fish and vegetables with water quality and the variety of nutritional ingredient. And found out the adjustment in experiments. To make controller keep the balance between fish and vegetables effectively. That in turn implements in large-scale aquaponics system management. To make whole economic benefits come to maximization.

Keyword : aquaponics , macroelement , minorelement , hydroponics.

可攜式雲端控制 LAMP 加熱裝置之製作

學生姓名:楊詠傑、陳益賢

指導老師:陳志堅

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本實驗提出可攜式雲端控制 LAMP 加熱裝置盒，用來解決以往檢測病原體時間過長與檢測器材過於複雜的缺點，並使用互聯網的技術讓的檢驗人員也可以同時觀測溫度以及調整加熱速率。本實驗的核心部分在於利用 Arduino Yun 進行雲端傳輸，使用 PID 溫控技巧達到恆溫效果。

關鍵字:物聯網、Arduino Yun、LAMP

一、引言

近年來隨著生命科學領域的快速發展，檢測病原菌的重要性日漸提升，而環型恆溫核酸增幅法[1](Loop-mediated Isothermal Amplification, LAMP) 因檢測時間較聚合酶連鎖反應[7] (Polymerase Chain Reaction, PCR)短，檢測時也不需要大型設備，因此 LAMP 被廣泛的運用於醫學檢測上。於是著手製作一個可攜式裝置盒，可以用來提供環型恆溫核酸增幅法使用;而現今科技日新月異，手機與電腦的普及程度極高，為因應物聯網在生活上逐漸普及的趨勢，遠端操控與檢測的功能勢在必行，現只需要將待測物放入裝置盒中，無須操作人員在場控制，便可同時讓多人觀察與控制，達到省時省力的效果，形成雙贏的局面。

LAMP 是一種恆溫、具 loop 形式的 DNA 擴增法。LAMP 的反應原理，簡單來講，就如同一般的 PCR，但是其變性的過程則由一特定的 DNA 聚合酶取代引物的熔點溫度值，也全部控制在 60-65°C，而省去黏合的步驟，再加上其設計會使被擴增的 DNA 產物呈現主幹迴圈的結構，促使剝離現象的發生而 DNA 片段長度持續以對數延長，過程中也不斷釋出啟始或中間反應的 DNA 片段，造成 DNA 的質量與數量快速的放大，此結果有助於檢驗；整個反應過程，除了一開始需要一次熱變性和即時冰上冷卻的動作外，之後只要視需要設定 60-65°C 之間的反應溫度，作用 35-60 分鐘，終止反應後，便可以透過肉眼觀察焦磷酸鎂所沈澱的多寡的方式來檢驗[3]，或是利用誘變劑溴化乙錠的螢光顯色[2]來判斷檢體的陰、陽性。（詳細反應過程請詳閱[1]）

二、研究內容與方法

2-1 研究背景

PCR 是 1985 年所發表的技術，距離發表已經過了三十餘年，PCR 的技術也已經趨於完善，難有再突破性的成長，而 LAMP 是 2000 年才由日本研發出來，雖近年有許多的研究，但相關的研究還是相當的不足，迄今發表之應用也尚少，關於其侷限性仍然有待釐清，但是 LAMP 的優點不亞於 PCR，更有過

之的現象，希望能做研究讓更多人看到 LAMP 的益處。表 1. 為 LAMP 特點。

	LAMP
溫度	恆溫，僅需水浴槽或乾浴槽
時間	約 15~60 分鐘
產物量	約 1010 倍
專一性	4 條 primer 針對 6 個區域
檢出方法	可用肉眼觀測有無擴增反應發生

表 1. LAMP 特點

2-2 研究動機

衛福部公布最新國人 10 大死因，癌症已連續 34 年，高居 10 大死因排名第 1 位，去年 104 年因癌症而死亡，就有 4 萬 6 千多人，占總死亡人數的 28.6%，平均每天有 128 人死於癌症，癌症死亡時鐘為 11 分 13 秒，比前一年快 11 秒，癌症的預防已經是迫在眉睫的情況，而 LAMP 可以用於癌症的早期診斷，遺傳性疾病的確認[4]，本專題的研究方向將放在可以提供給 LAMP 法所使用的加熱裝置盒。

2-3 研究方法

硬體

研究一開始要先決定控制核心，最一開始想使用 Uno 在外接 NFC、藍芽模組來做無線傳輸，其中 NFC 的功能是可以讓手機快速跟藍芽模組快速配對，進而達到觀測、操控的動作，形成一個可攜式裝置盒，但之後發現到 Arduino 已經有推出 Yun 版，而 Yun 版已經有內建無線網路功能，無需在外接其他連線模組，雖連線速度沒有 NFC 那麼快，但也可以擺脫藍芽會有距離、連線人數上的限制，表 2. 為 UNO、YUN 的比較圖。

項目	Arduino Uno	Arduino Yun
晶片控制器	ATmega328p	AR933 與 ATmega32U4
Micro SD 卡槽	否	可
Micro USB	否	有
數位輸出 / 輸入	有	有
類比輸出 / 輸入	有	有
Wifi 傳輸	否	有
支援 linux 作業系統	否	有

表 2. Uno、Yun 的比較圖

有了板子之後，再來就是要選擇 sensor，LAMP 加熱模組最重要部分的就是恆溫，而溫度感測器就是其中不可或缺的一個元件，感測器一開始是選用 DS1821 溫度感測器，但是量測出來的溫度卻一直是 -127 度 C，上網查資料之後發現是電阻問題，但是即便更改了電阻，讀取數據時一樣是 -127 度 C，只好再將感測器改成 TMP36 溫度感測器，雖然能在 Arduino IDE 上顯示，但是之後卻會與所架設好的網站發生衝突，最終把感測器更換成 DS18B20 感測器後重新設定，之後就沒有發生以上問題。

有了溫度感測器之後便開始著手加熱的部分，首先使用特別訂製的瓦特龍加熱棒，其規格為 C1J-9412，不銹鋼材質，作用功率為 14 瓦，最高使用電壓為 10V，並接上 TIP 120 電晶體控制來自於 Arduino Yun 的電流。再來考慮加熱方式，電池是一種類比元件，因為它的輸出電壓並不精確地固定一個電壓值，

而是隨時間產生變化，並可取任何實數值。而脈衝寬度調變 (Pulse Width Modulation, PWM)最大的優勢在於藉由以數位方式控制類比電路，可以大幅度降低系統的成本和功能消耗，最後決定選擇使用PWM來做控制。由於恆溫是LAMP的核心，所以使用了 PID (Proportional-Integral-Derivative Control, 比例-積分-微分控制)，來讓加熱棒可以穩定上升溫度並且維持在 65 度，但由於PID要考慮的因子太多，沒辦法調的極為準確，誤差值一直維持在正負兩度。

最終目標是可攜式裝置盒，電源供應的部分就特別重要，不能帶出去一切只是空談，18650 電池有內阻小、電壓高、安全性能高、使用壽命長等優點，於是決定使用 18650 電池來當作的電源供應的部分，充飽電電壓約為 4.2 V，接著串聯了 4 顆 18650，電壓大約等於 16.8 V，由於一開始疏忽掉Arduino Yun 能承受最高的電壓為 5 V，我們便直接接到 Yun板上導致燒壞，最後只好使用降壓模組來解決電壓過大的問題，將 16.8 V降至 4 V給 Arduino Yun使用，再多並接一個降壓模組給予 9 V來讓加熱棒做使用。

再來是設計鋁塊的尺寸，利用 SolidWorks 2016 繪圖軟體來畫出草稿圖，再送去工廠加工，但是後來發覺鋁塊還是太大了，嚴重拖慢加熱效率，只好自行到去實驗室的傳統銑床將鋁塊削小，圖 1. 為鋁塊最終的尺寸圖。

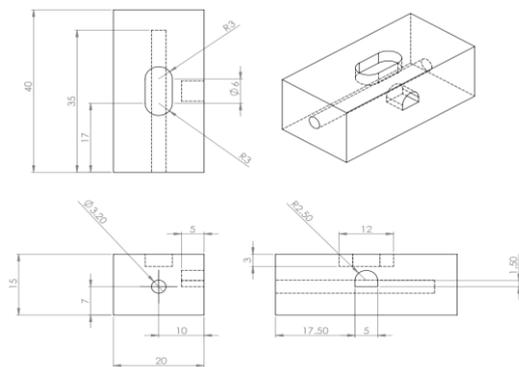


圖 1.鋁塊三視圖

有了上述的元件之後，最後還差一個放待測物的反應槽，首先量測出鋁塊原本設計預留給反應槽位置的尺寸，再利用 AutoCAD 2012 繪圖軟體畫出反應槽，反應槽材質選用甲基丙烯酸甲基酯(PMMA)接著再利用 CO₂雷射雕刻[6, 7]來做加工，成功做出我們的反應槽。為了避免反應物揮發掉，於是製作了鋁塊蓋子，一方面既可以避免反應物揮發，另一方面更可以防止熱能消耗。圖 2. 為反應槽尺寸，圖 3. 為鋁塊蓋子尺寸。

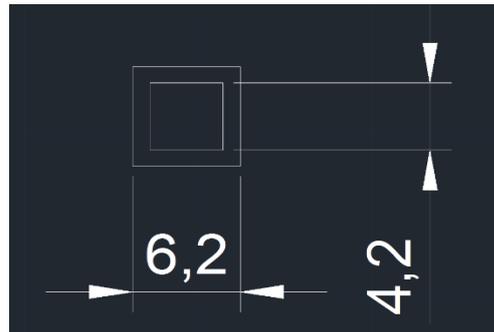


圖 2.反應槽尺寸

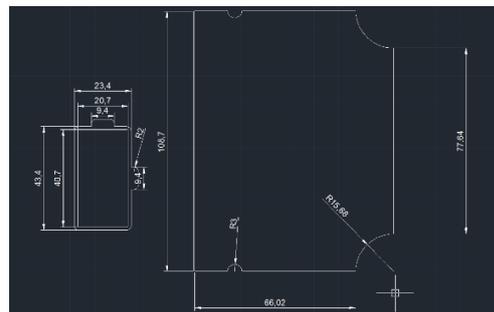


圖 3.鋁塊蓋子尺寸

結合了以上的元件之後，便可以畫出電路圖，圖 4.是利用 fritzing 模擬電路軟體來畫出來的電路概念圖。

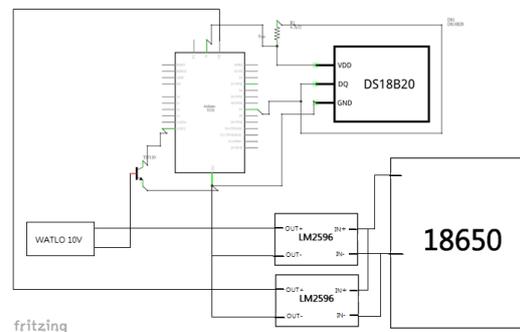


圖 4.裝置電路圖

軟體:

要和 Yun 連接首先要先設定檔案傳輸軟體，我們是使用 Putty，Putty 是個可在 Windows 平台上進行 SSH 連線的軟體，SSH 是種加密的連線方式，能夠避免因 telnet 明碼傳輸所造成的安全問題，有了傳輸軟體無線連接以及加密的保護程式之後，再來就是需要利用到 WinSCP 這軟體，WinSCP 是在 Windows 中使用 SSH 的開放原始碼的圖形化 SFTP 用戶端。WinSCP 同時也支援 SCP 通訊協定，其主要的功能是在電腦間傳輸檔案，利用這軟體便可以在架設好的網站上放入想要的圖片。

後臺架設完畢之後，再來便是網站的架設了，要架設網站則是使用 Sublime Text，來進行網頁人機介面編輯畫面，再透過 Arduino IDE 寫入程式碼讓 Arduino Yun 將資料傳輸進去，接著再透過 Putty 網路連接程式與 WinSCP 傳輸資料到 SD 卡內，SD 卡裡面有許多的圖檔，手機上顯示的畫面都是來自於 SD 卡，設定完成即可完成手機監視與控制的部分。

Arduino 程式碼的部分是利用 Arduino 官方軟體 Arduino IDE 來做修改，Arduino 是一種採用了開放原始碼的軟硬體平台，可以在網路上尋找到許多玩家所自創的電路以及發明。但由於 Yun 版是較新且較少人使用的一塊板子，網路上的資料也是相當不足，所以在學習 Yun 版的架構時碰上了許多難題。

軟硬體整合:

在軟硬體都完成之後，我們可以得到各元件的關係圖，圖 5. 為元件關係圖，由圖可知 Yun 是裝置的核心，負責接收資料之後再傳輸出去。



圖 5. 元件關係圖

2-3-1 材料與設備:

Arduino Yun 是以 Atheros AR 9331 和 ATmega32u4 為基礎的 MIPS 嵌入式系統電路板。此 Atheros 的處理器支援 Linino 嵌入式作業系統，而 Linino 是以 OpenWRT 為基礎所發行的 Linux 作業系統。

Arduino Yun 控制板設置有負責執行 Linux 作業系統的 Atheros AR9331 (整合了 Ethernet 有線網路、WiFi 無線網路、USB 埠與 micro SD 卡插槽)，以及負責處理感測器訊號之 ATmega32u4 單晶片，圖 6. 為 Yun 的上視圖。



圖 6. Yun 上視圖。

CO₂ 雷射雕刻機[5,6]是一種氣體雷射器，波長 $\lambda=10.6\mu\text{m}$ ，並能根據分子振動能級之間的躍遷發光。CO₂ 雷射其運作效率高、光束質量好、功率範圍廣(幾瓦至幾十萬瓦)、能連續或脈衝輸出、運行費用低。CO₂ 雷射於加工有許多優點，包括更快的製作、節省時間、低消耗、少污染，圖 7. 為雷射雕刻機。



圖 7.雷射雕刻機。

本文是選用壓克力(PMMA)作為基材，其為甲基丙烯酸甲基酯(Methyl Methacrylate, PMMA)聚合而成，目前為止仍是光學性質相當好的聚合物。對於光波長在340nm到1100nm之間都有百分之九十以上的透光率，折射率約為1.49，比重約1.18~1.20之間，圖8為甲基丙烯酸甲基酯。



圖 8.甲基丙烯酸甲基酯。

銑床是機械加工中的重要工作母機之一。銑床能夠精確的將工作物銑平面、銑曲面、銑溝槽、銑齒輪、銑各種複雜的形狀，因此對機械生產、模具生產或工具生產作業來說都是不可或缺的工作利器，圖9為傳統銑床。



圖 9.傳統銑床。

DS18B20 是常用的溫度傳感器，具有體積小，硬件開銷低，抗干擾能力強，精度高的特點，圖10為DS18B20前視圖。

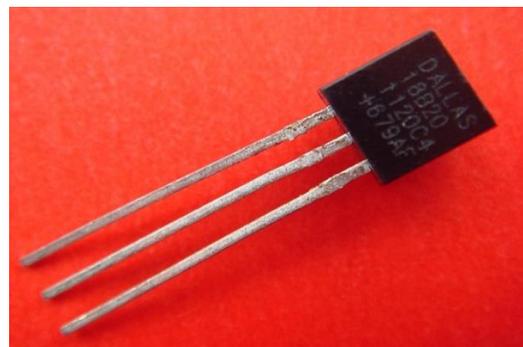


圖 10.DS18B20 前視圖

TIP 120 達靈頓電晶體主要功能為接收 Arduino Yun 的訊號，再輸出功率給加熱棒，圖11為TIP 120前視圖以及接腳介紹。

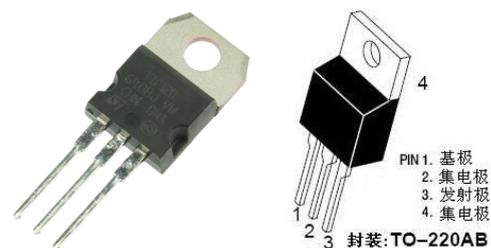


圖 11.TIP 120 前視圖以及接腳介紹

我們使用 DC-DC 有螢幕顯示的降壓模組，可以準確且即時的知道電壓，圖12為DC-DC降壓模組。



圖 12.DC-DC 降壓模組。

三、結果與討論

3-1 研究成果

Yun 連上 Wi-Fi 後會有一個專屬 IP，會跟同一個網路的使用者形成區域網路，之後便可以利用這 IP 來上傳程式碼，而能夠遠端修改程式碼將大大提升工作的效率，圖 13.為 Arduino Yun 的 IP。

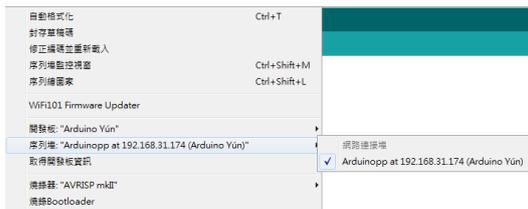


圖 13.Arduino Yun 的 IP

Yun 缺點是只要更改網路 IP 便需要重新設定，這不只減少了便利的特性，更大大降低了實用性，期望能在未來讓 Yun 加裝屬於自己的網路，這樣一來便無需連接其他基地台的網路，增加實用性，圖 14.為 Yun 的設定步驟。



圖 14.Yun 設定步驟

只要成功將 Yun 資料上傳之後，再連上 Yun 的 IP 便可以達成多人同時藉由手機、電腦來

進行觀測的功能，並能透過手機、電腦來調整加熱溫度，方便之後因樣本不同而需要調整不同的溫度，圖 15.為手機、電腦同時顯示監控畫面。

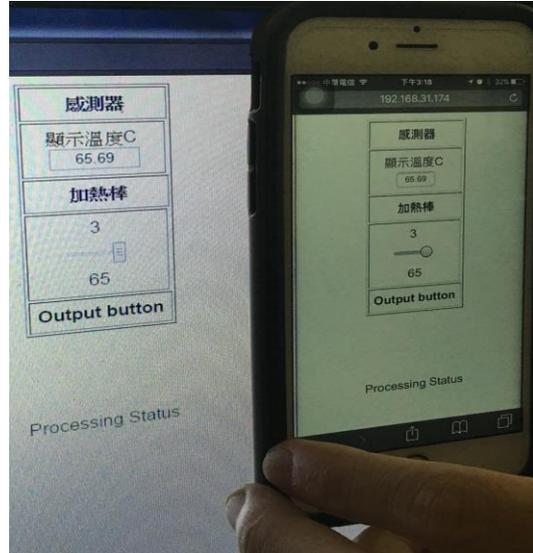


圖 15.為手機、電腦同時顯示監控畫面

加熱是選擇使用 PID 來做溫度的控制，雖 PID 可以較線性的加熱，比起 ON OFF 開關來的溫和，但由於要調整的參數較多，且環境因素也會影響到 PID 計算的結果，所以並沒有辦法很精確的恆溫在 65 度。可以從圖 16. 溫度統計圖得知在 67 度之後，才慢慢的降了下來，之後一直維持在 65~66 度。啟動後系統讓 PWM 持續穩定的輸出到 57 度，由於 PID 調整不甚理想，導致加熱到 57~58 度時系統過早判定溫度已接近 65 度，怕會超出 65 度所以開始大幅度降低 PWM 的輸出，導致 PWM 輸出不足，溫度難以顯著提升，當加熱到了 65 度時，系統發現溫度到達 65 度了，可是溫度還是稍微的在上升，於是開始微調 PWM 的輸出，讓 PWM 的輸出越來越穩定，最後才穩定在 65 度。

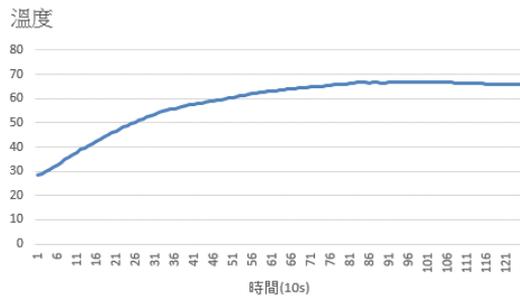


圖 16.溫度統計圖

最後把所有裝置放入裝置盒中，可以發現裝置盒內還有許多空間，是預留給之後其他元件，以防要加裝其他元件時空間不足，如沒有要加裝也可以改成更小更好攜帶的裝置盒，提升便利性。鋁塊最後是決定在外部，方便反應槽的取出，電池設計在裝置盒上半部，方便之後充電，Yun 則是在最底下，由於可以遠端更改程式碼，雖較不易取出但不影響其功能，圖 17.為裝置盒成品。



圖 17.裝置盒完成品

四、結論

4-1 目前裝置盒已具備下列特點:

- 遠端修改程式碼，無需再接線。
- 遠端遙控檢測溫度。
- 遠端控制加熱棒的輸出功率。
- 電源可隨時更換與充電。
- 檢測時間快速。
- 穩定使用 PID 控制恆溫。
- 便於攜帶。

4-2 未來展望

- 裝置盒內增加檢測項目。
- 減小鋁塊體積，增加導熱速度。
- 扣除加熱棒直接通電加熱鋁塊。
- 增加冷卻裝置。
- 鋁塊新增隔熱裝置，增加效率。
- 網站架設更多控制功能。

五、致謝

首先感謝我的指導教授 陳志堅博士，在專題製作時給與我們許多寶貴的建議與指導，在進度延宕時總能適時的拉我們一把，因為有您使能順利的完成專題，讓我在專題製作的過程中受益良多，僅此致最深之謝忱，提攜勉勵之情，畢生永難忘懷。再來感謝美和科技大學的童至正學長對於 ARDUINO YUN 的指導還有雲端架設網站的教導，接著感謝實驗室的宋儀軒學長在 PID 專業方面的指正以及黃佑正學長詳細解釋 LAMP 的運作模式，當遇到瓶頸時你們的幫助對我們來說是莫大的動力。最後感謝我的同窗好友劉俊傑對於論文內容的補正，以及同實驗室同學陳嵩聲、劉守銓、蕭宇翔在製作專題時的共同勉勵、奮鬥，因為有你們才能堅持下去。

六、參考文獻

- [1]Notomi T, Okayama H, Masubuchi H et al. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Res.* 2000;28:E63.
- [2]Iwamoto T, Sonobe T, Hayashi K. Loop-mediated isothermal amplification for direct detection of *Mycobacterium tuberculosis* complex, *M. avium*, and *M. intracellulare* in sputum samples. *J. Clin. Microbiol.*

2003;41:2616-2622.

[3]Mori Y, Nagamine K, Tomita N et al.

Detection of loop-mediated isothermal amplification reaction by turbidity derived from magnesium pyrophosphate formation.

Biochem. Biophys. Res. Commun.

2001;289:150-154.

[4] 羅康，2016，「用於數位化恆溫式環形核酸增幅法分析基於乳化液滴陣列之整合型微流體裝置」，碩士論文，國立清華大學，新竹。

[5]張國順，2008，現代雷射製造技術，新京文開發。

[6]劉海北，2005，雷射的原理與應用，科學發展，386，14-21。

[7]楊曜聰，2011，往復式聚合酶連鎖反應系統之製作，碩士論文，國立屏東科技大學。

Portable cloud controls the LAMP heater box

Student: Yang Yung Chieh, Chen Yi Hsien

Advisor: Dr. Jyh Jian Chen

Department of Biomechatronics

Engineering

National Pingtung University of Science and

Technology

Abstract

In this experiment, the portable cloud controls the LAMP heater box to solve the disadvantages that detection of pathogens spent too much time and the detection of equipment was too complicated in the past. Moreover, the inspector, who is using the techniques of IoT, can observe the temperature and adjust the heating rate in the meanwhile. The core of this experiment is to take advantage of Arduino Yun to process cloud transfers and utilize the skills of PID in order to achieve the expected effect.

Key words: IoT, Arduino Yun, LAMP.

觀賞魚蝦人工選別平台 開發



學生:王士榮 B10344037 黃敬哲B10344033
夏崇恩B10344040 莊致忠B10344048
指導老師:謝清祿 老師
報告日期:2017/05/23





目錄



- ❖ 產業背景
- ❖ 產量
- ❖ 傳統選別法
- ❖ 研究目的
- ❖ 材料
- ❖ 初代設計
- ❖ 二代設計
- ❖ 實驗結果
- ❖ 實驗影片
- ❖ 問題與解決建議
- ❖ 結論
- ❖ 致謝



產業背景



臺灣自民國 50 年代從淡水冷水性觀賞魚如錦鯉近年微型觀賞水槽與生態化飼養的流行趨勢，觀賞蝦的飼育逐漸崛起。

現今養殖業蓬勃發展，需要智能篩選機構、自動化設備、最佳化檢測控制以及模擬養殖場生產流程標準化等等技術研發。



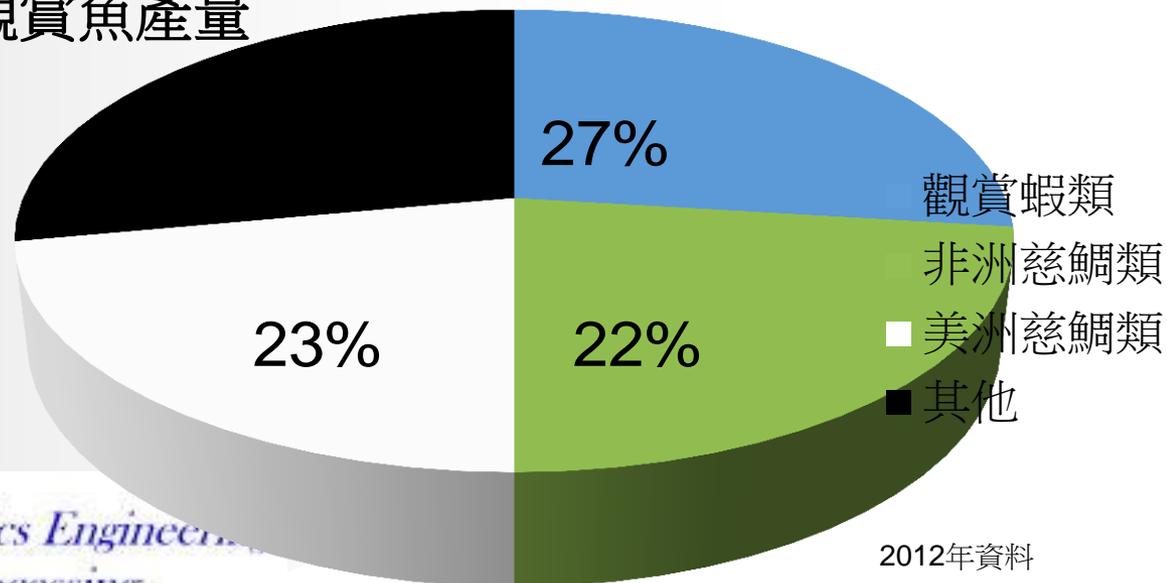
產業背景-產量

2010 年以來觀賞蝦產業占國內觀賞水族生物出口的比例逐年攀升，全世界水族市場的觀賞蝦中有六成是來自於台灣，

2012年統計，觀賞魚類總產值約12億

國內觀賞魚產量以觀賞蝦為大宗，佔整體產量的 27%，其次為非洲慈鯛類，占整體產量的 23%，；第三則是美洲慈鯛類，占整體產量的 22%。

國內觀賞魚產量



2012年資料



觀賞蝦在觀賞魚類中，產值高，在未來有很大的發展空間，因此我們選擇以觀賞蝦為對象，開發人工選別用平台，以減輕人工辛勞，以增加作業效率。又因蝦類之病變大多顯現於蝦子的腹部，而觀賞蝦體型又小，不易觀察期腹部，增設影像處理，以方便觀察。



傳統選別法

以網子撈起蝦池的
觀賞蝦，倒入篩網
篩選蝦苗大小。



再在蝦池旁放置槽
盒，以瓢撈起篩網
中的蝦苗。





觀察是否有異樣的蝦，及大小顏色是否應顧客要求等將其分類至槽盒分類，分類完後，有一些突變種可以另外培育成新品種，發生病變就要進行消毒除理。



檢查蝦池中是否有其他蝦子感染，而客戶需求之蝦子則先包裝充氧放於水池中，如果客戶一段時間都未來取貨，要再拆開包裝，換水後檢查有沒有死蝦再包裝。





研究目的



規劃設計平台槽盒

平台:

可以符合正常的操作面積，而高度則是為了讓操作員能有更好的工作姿勢，平台上有插槽，設置了固定式水箱，可用於供水及水循環

槽盒:

可供從四周觀賞，槽盒內的水可以進行循環。

製作平台槽盒

繪出平台設計草圖及槽盒草圖，選擇適當的材料，交由外包廠商製作再於平台及槽盒做細部加工。

建立影像處理技術應用於此平台

增加影像即時拍攝及放大顯示以輔助人工選別。



材料



- ❖ 白鐵
- ❖ 壓克力
- ❖ CCD攝影機(USB 2.0 CMOS 200萬圖元彩色數位相機)
- ❖ 伊士達Ista 沉水過濾馬達
- ❖ 小型PC(ASUS Model UN62 VivoMini電腦)



CCD攝影機



產品名稱	USB 2.0 CMOS 200萬圖元彩色數位相機
產品型號	USB 2.0 CAMERA SMC-200CL
解析度	1280X1024 , 640X480 , 1600X1200
圖像輸出	USB 2.0 , 4.8Mb/s
電源	USB 2.0 供電
可程式設計範圍	圖像尺寸 , 亮度 , 增益 , 曝光時間



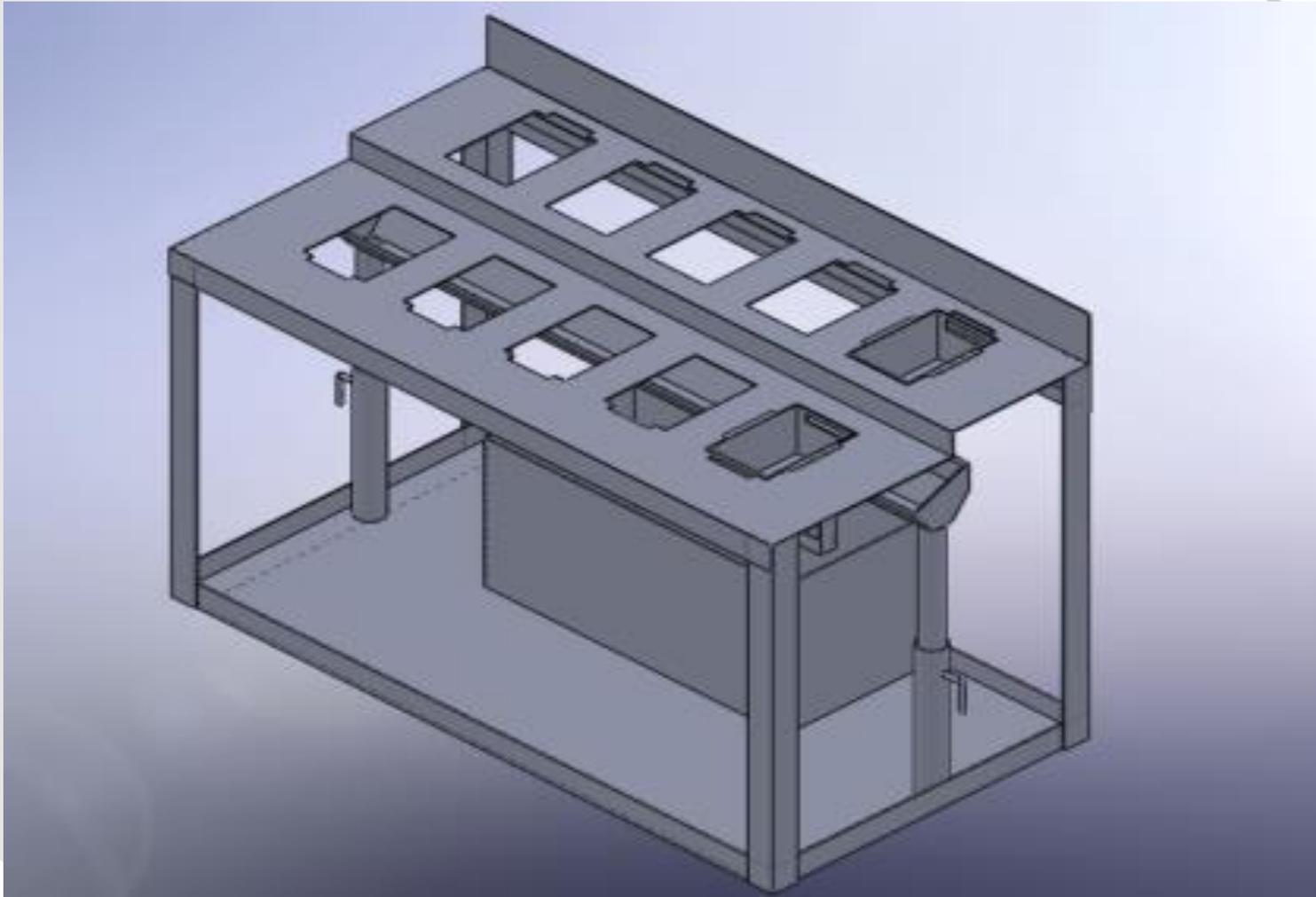
沉水馬達



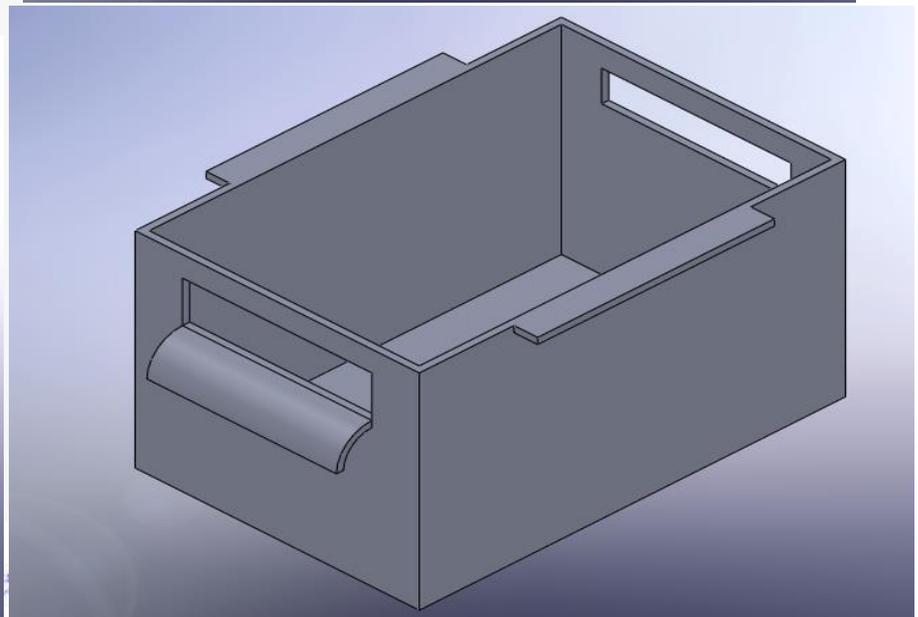
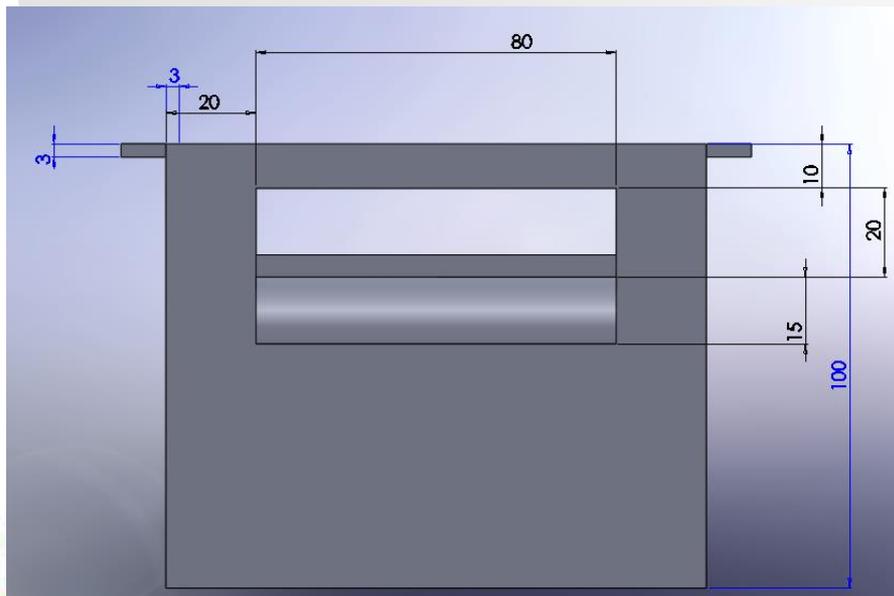
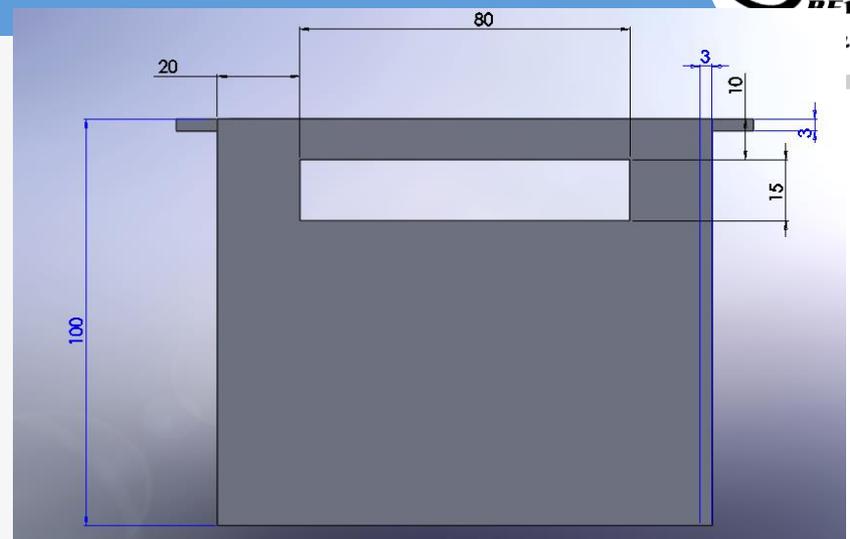
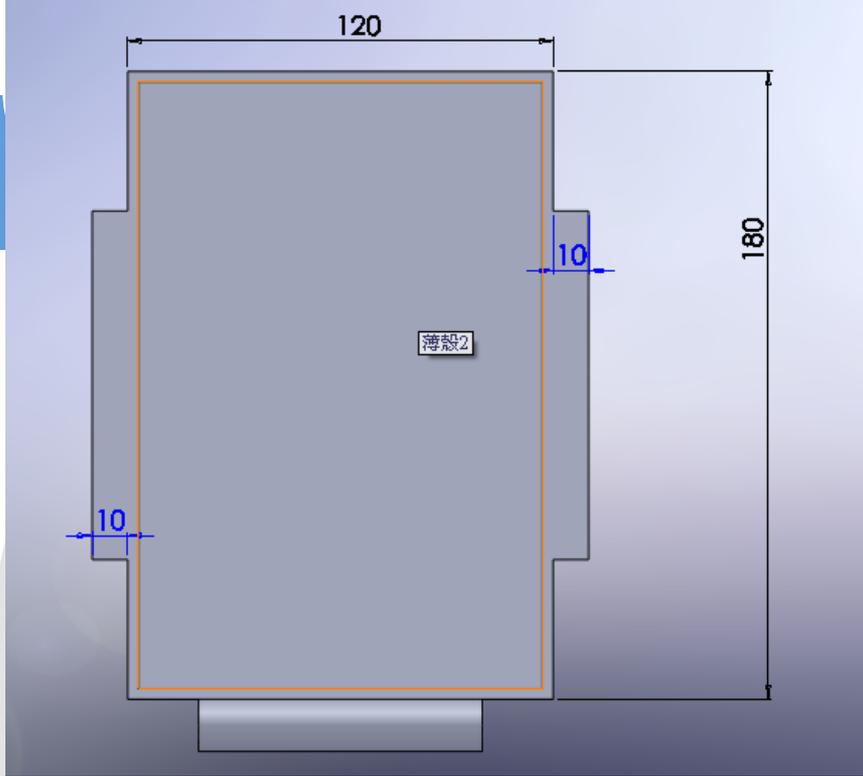
產品名稱	伊士達Ista 沉水過濾馬達
型號	HL-1200
揚程	1.5M
最大流量	1000L/H



初代設計

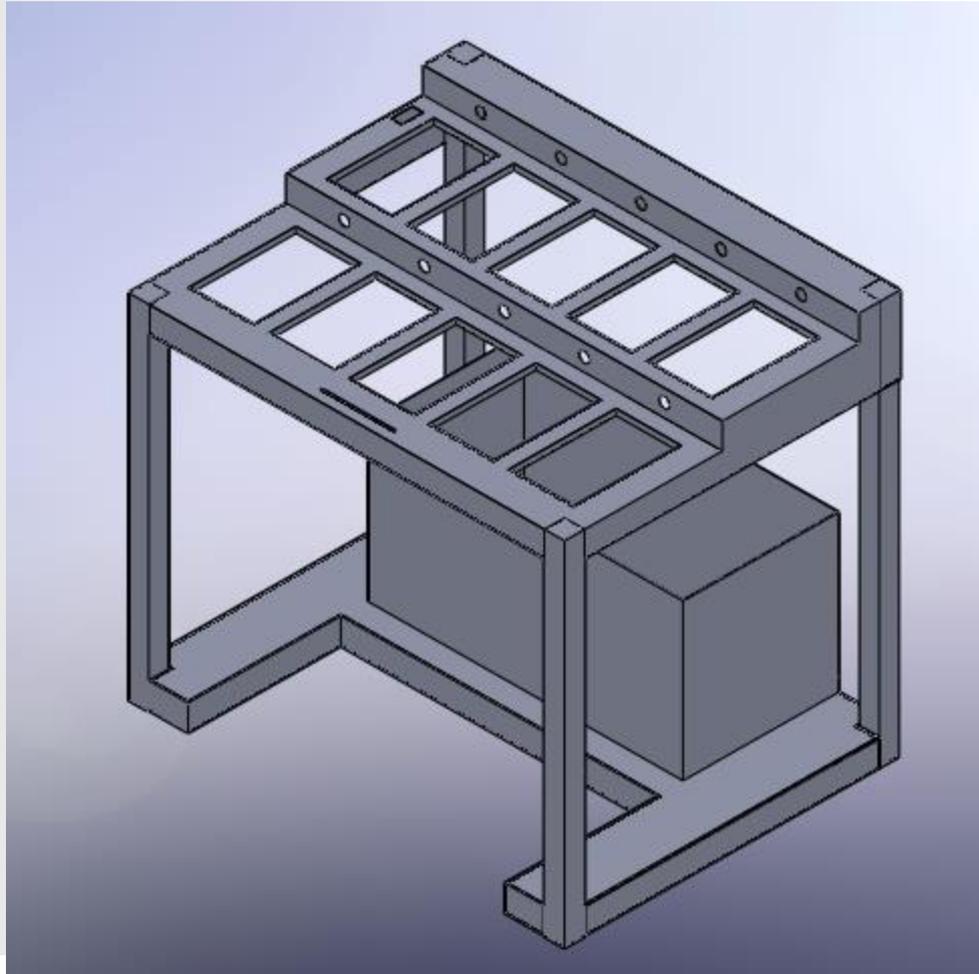


初代槽盒設計



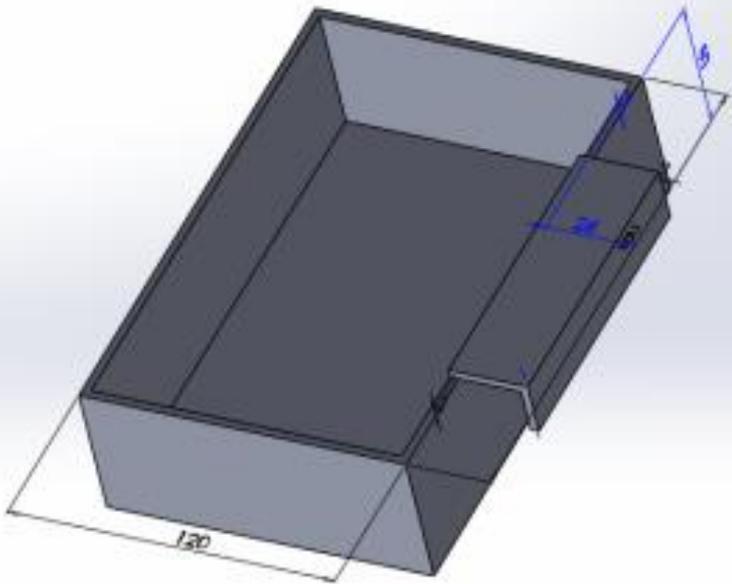


二代平台設計

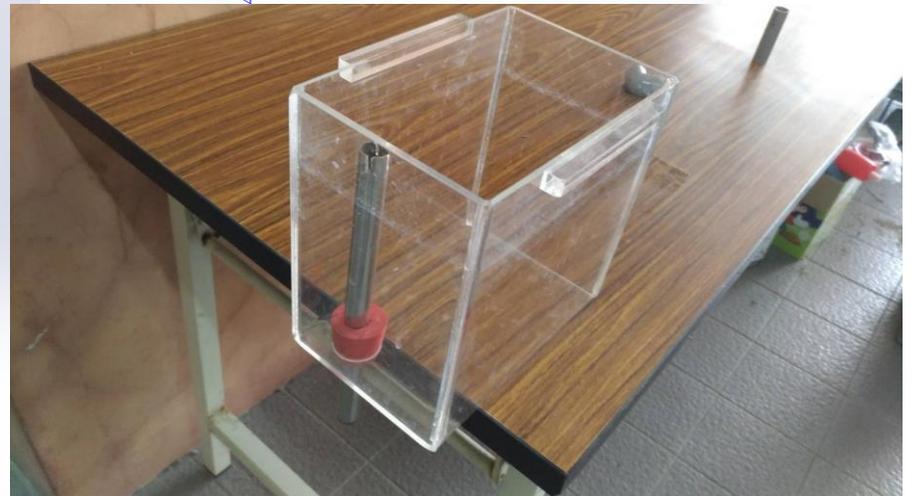
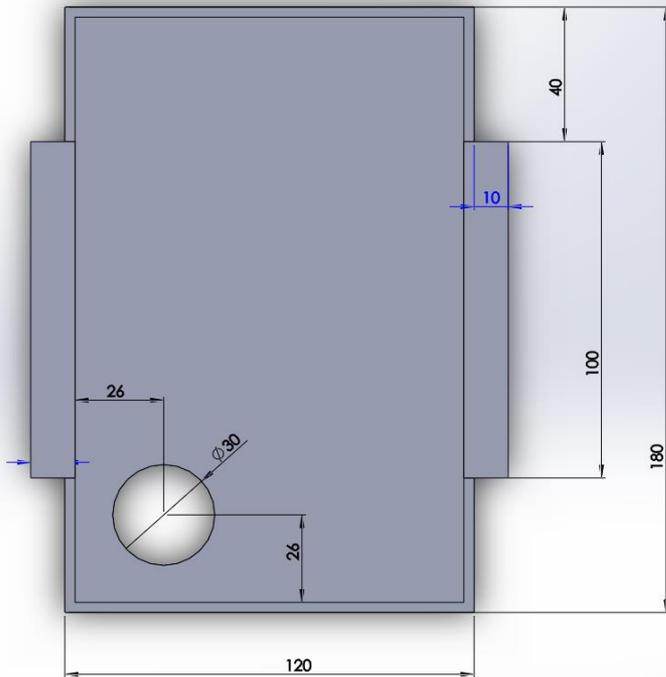
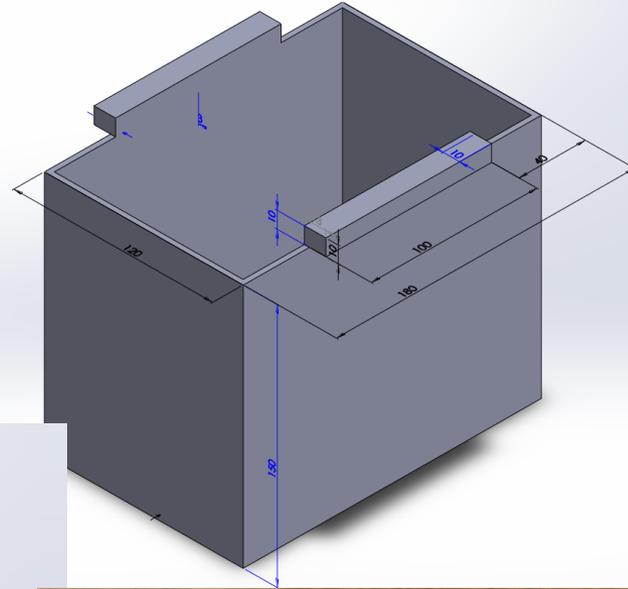
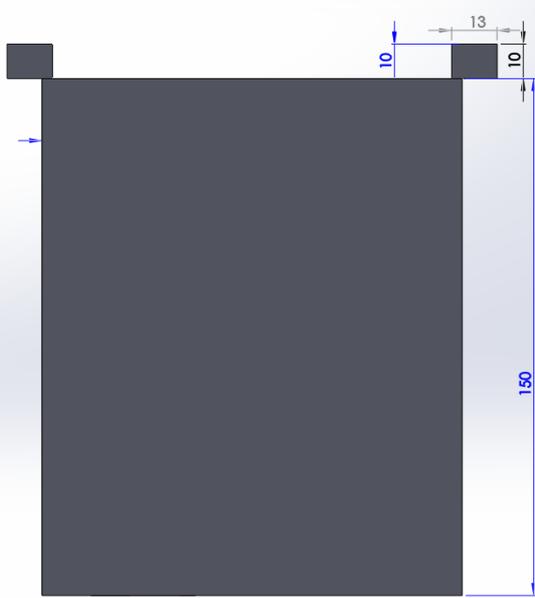




二代槽盒-母盒

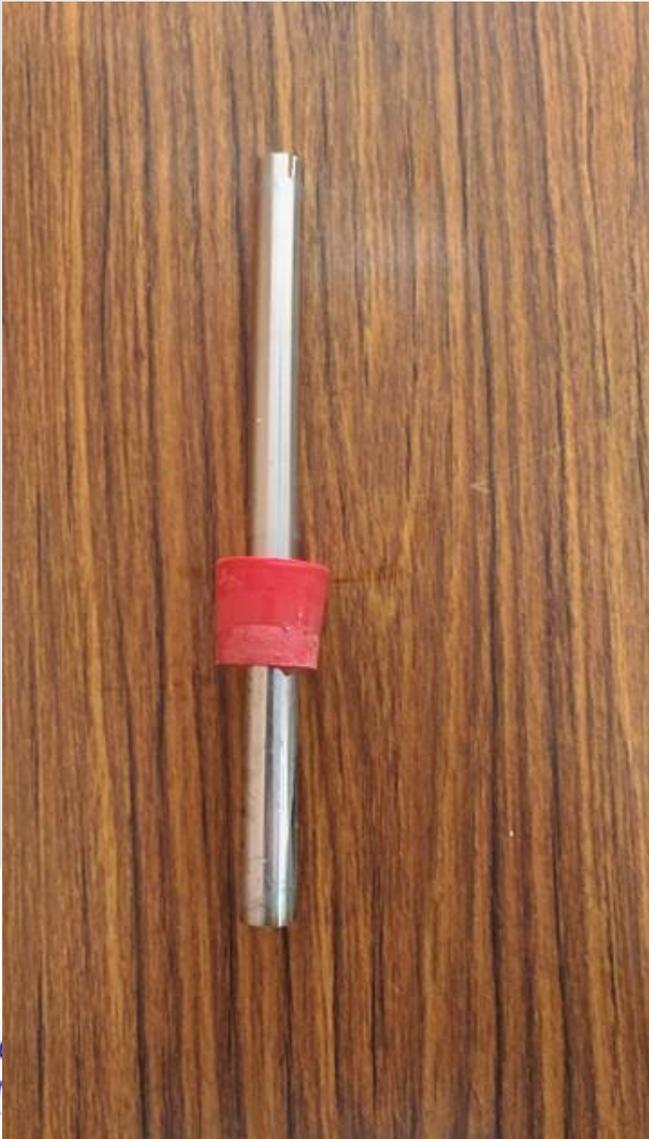


二代槽盒-子盒





子盒出水設計





細部加工及完成圖





影像處理應用



The screenshot displays a software application for image processing. It features several windows:

- webcam**: Shows a live video feed of a fish tank with a bright light source in the background.
- Crop**: Shows the same video feed with a rectangular crop box applied to the central area.
- trackbar**: A control panel with three sliders:
 - 縱移: 0 (Vertical Shift)
 - 橫移: 0 (Horizontal Shift)
 - 放大倍數: 0 (Zoom Factor)
- Call Stack**: A window for monitoring the execution stack, currently empty.

The status bar at the bottom indicates the application is **Ready**, with coordinates **Ln 98**, **Col 1**, **Ch 1**, and **INS**.



trackbar

縱移: 145

橫移: 182

放大倍數: 0

Call Stack

Name	Lang
------	------

Locals Threads Modules Watch 1

Call Stack Breakpoints Output

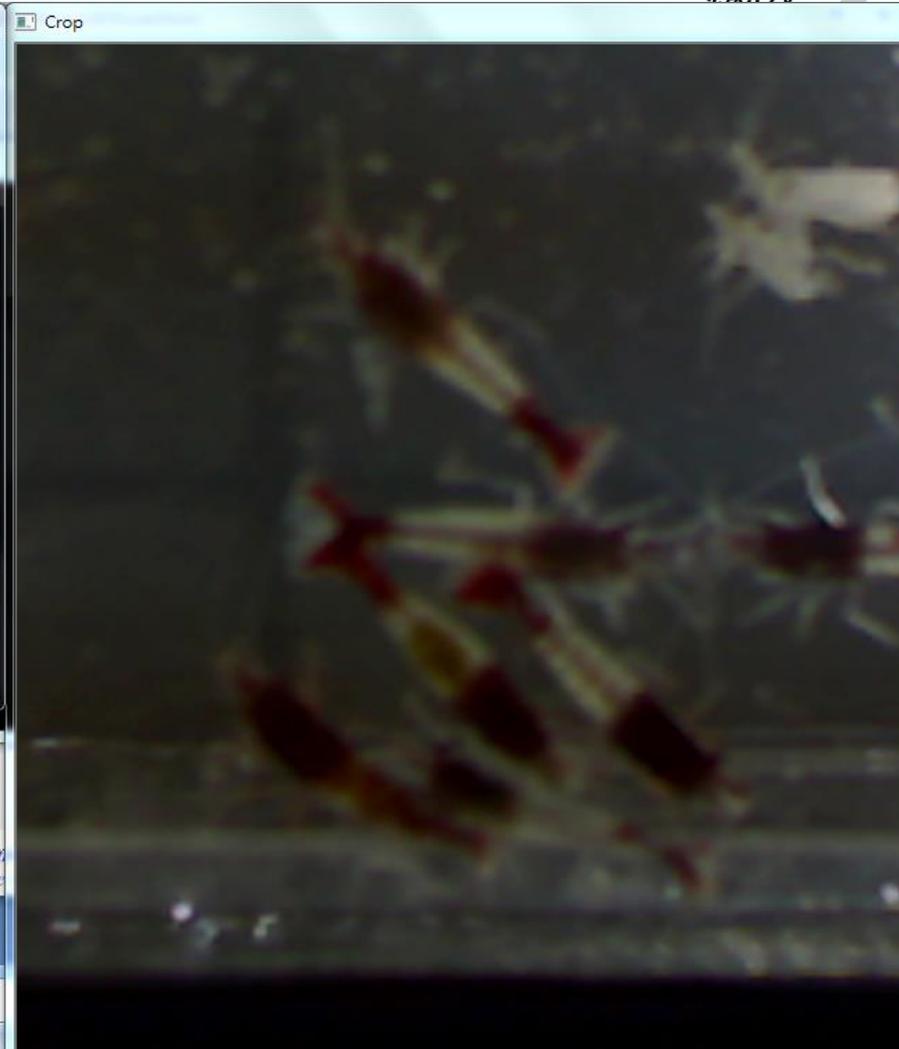
Ready

Ln 98

Col 1

Ch 1

INS



trackbar

縱移: 145

橫移: 182

放大倍數: 2



21

按一下以新增備忘稿

投影片 20 / 24 "佈景主題1" 中文(台灣)



實驗結果



已製做出可方便人員使用之平台及合適的槽盒，使供水方面可連續做動三天以上，在此環境中，觀賞蝦依然可存活三天以上。

影像部分可自由移動放大。



實驗影片



- ❖ 初代實驗影片
- ❖ 影像處理試驗影片



問題及解決建議



Q1:攝影機位置無法完整拍攝母盒，且容易被操作員踢到的問題？

A1:改變母盒位置及攝影機位置。

Q2:平台部分漏水的問題？

A2:以第二代為雛型製作時，將部分容易漏水構造以一體成型製作以減少縫隙。

Q3:子盒漏水問題？

A3:子盒出水設計，因需要達成可調整高度的設計，所以需改變子盒設計增加橡皮塞密合度，或改變設計以達成既可調整高度亦不漏水的設計。



結論



此平台以達成在傳統基本的功能，並且也實現了研究的目的，以影像處理輔助操作員，方便觀察蝦子的功能。

當然在未來可因應不同需求改進此平台，如調整水溫或加強影像分析的能力等，以達成完全符合需求的選別平台。



致謝



感謝學校提供計畫及研究經費

感謝拉瑪公司 王老闆提供觀賞蝦，及觀賞蝦相關知識並提供開發的建議。

感謝三成的詹老闆協助製作平台，並提供平台設計建議。

利用光纖感測器及氧化鋅披覆對醣類檢測之研究

學生姓名:蔡宗益 蘇子富 曾煥智

指導老師:許益誠 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究利用雷射加工在塑膠光纖(Plastic Optical Fiber)側向切出凹槽，作為感測區，此光纖感測器能偵測待測溶液的物質折射率變化。探討在綠光與紫外光下，三種待測溶液在不同濃度的數據分析。在本實驗中採用了綠光($\lambda=528\text{nm}$)及紫外光($\lambda=400\text{nm}$)的高功率發光二極體(High-Power Light Emitting Diode)作為檢測光源進行量測，而待測溶液選用了蔗糖溶液、葡萄糖溶液、果糖溶液。對這三種溶液的檢測濃度(濃度為0%，10%，20%，30%，40%)，進行光強度分析，並在數據分析完畢後，旋轉塗佈氧化鋅到感測區上，再次進行三種糖水各5種濃度(0%~40%)的光強度分析，比較有無旋塗氧化鋅間的差異性。

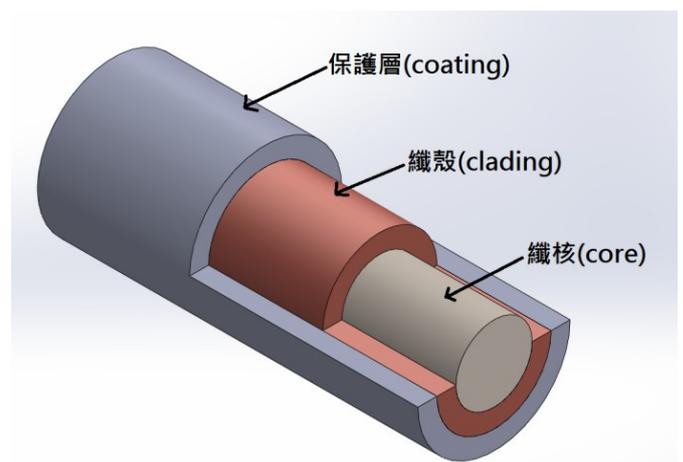
(一)前言

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

光纖基本構造大致上可依折射率不同分成纖核(core)、纖殼(cladding)及外面作為保護的保護層(coating)三層，如圖一所示。

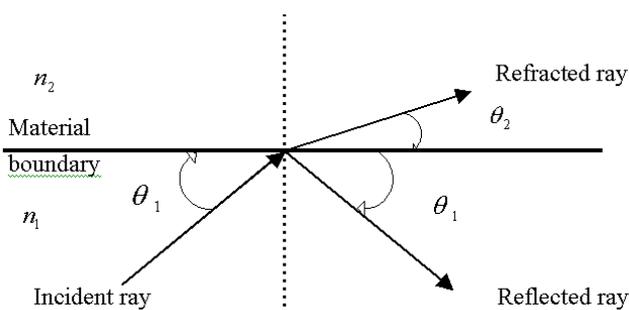
光纖種類分為: 玻璃光(glass fiber)、塑膠光纖(Plastic optical fiber)。在本次實驗中主要使用塑膠光纖來進行實驗。

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



圖一 光纖結構示意圖

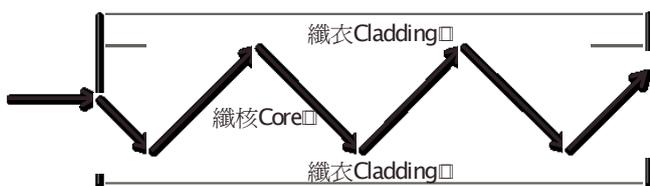
光在光纖中是以全反射的方式進行傳遞。根據司乃耳定律(Snell's law): 光由第一種介質進入第二種介質時，角度會改變，如圖二所示，且滿足下式： $n_1 \times \sin\theta_1 = n_2 \times \sin\theta_2$ 。其中 θ_1 為入射角， θ_2 為折射角， n_1, n_2 分別為第一種介質與第二種媒質的折射率。折射率大的稱為光密介質，折射率小的稱為光疏介質。由圖二中可以看出，當 $n_1 > n_2$ 時，隨著入射角 θ_1 的增大，折射角 θ_2 也越來越大，當 $\theta_2 = 90^\circ$ 時，光線不再進入第二種介質，光能量全部返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



圖二 Snell's law

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

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



圖三 全反射現象

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

氧化鋅具有多種發光能帶，如紫外光、綠光、橘光及紅外光等，除了紫外光為本質發光外，其他都跟電子藉由雜質能階躍遷有關。紫外光發射機制，主要是因為電子在能帶與能帶間(band-to-band)的跳躍，由於價帶中的電子經高能量的光激發置導帶後，此高能量的電子再跳價帶時，多餘的能量會以光的形式放出，而發出紫外光^[5]。

(二)研究動機

本實驗使用自製的光纖感測器，是利用雷射加工光纖側面，此光纖感測器感測靈敏度高，適用於醣類的檢測。本實驗主要分析蔗糖、葡萄糖、果糖等常見醣溶液，透過感測斜率之差異，便於判別未知醣溶液之種類，亦可在已知醣種類的情況下，對其進行精密之濃度確認，最後對感測器進行氧化鋅之披覆，期望藉由氧化鋅之特性，以達到更準確的測量結果。

(三)實驗設備與方法

實驗流程表

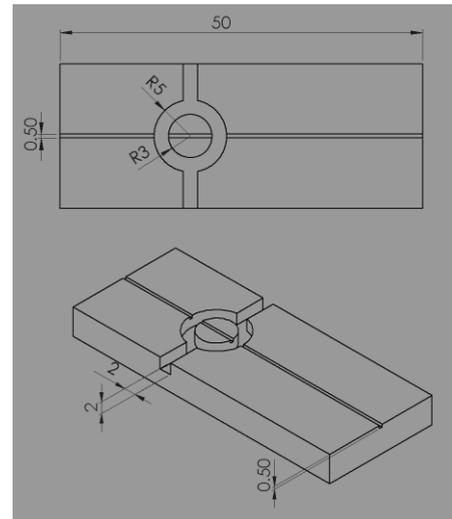


實驗流程敘述

1. **光纖夾具製作:** 使用雷射加工製作放置光纖之壓克力夾具(圖四)。夾具的功能有二, 第一為放置固定光纖, 第二為待測液體滴定的感應量測區。(圖五)為夾具示意圖及其規格, 中間圓型區域為待測液體滴定的感測區, 利用表面張力的原理, 能夠有效地固定待測液體。

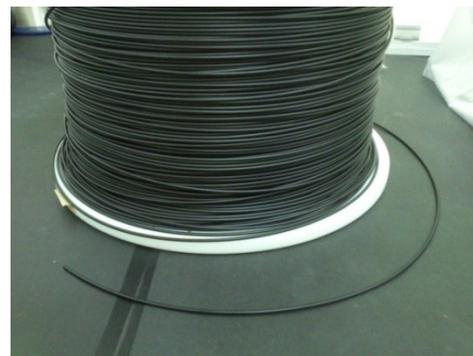


圖四 雷射加工光纖夾具



圖五 光纖夾具示意圖及其規格

2. **光纖端面研磨:** 採用的光纖為 $\text{Ø}980/1000\mu\text{m}$ 的塑膠光纖, 裁剪出 10 段, 每段長度為 150mm 的光纖, 並將光纖以美工刀去除保護層(圖六)後, 利用雙盤研磨機研磨光纖端面(圖七), 端面研磨的主要目的是為了讓光能夠順利的與光纖耦合。在端面研磨完後, 使用非接觸式影像量測儀(圖八)進行觀察光纖端面是否已研磨平整(圖九)。



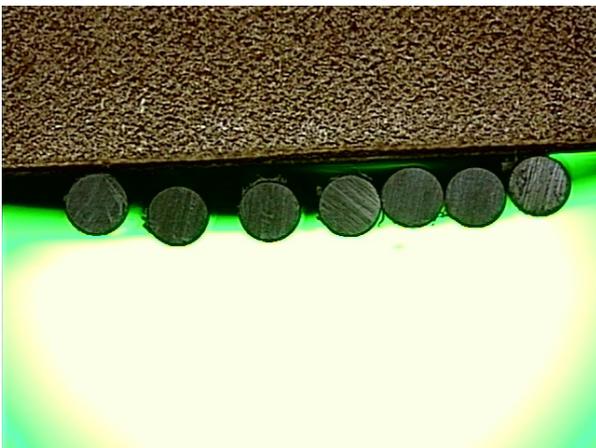
圖六 將光纖保護層以美工刀去除保護層



圖七 雙盤研磨機研磨光纖端面

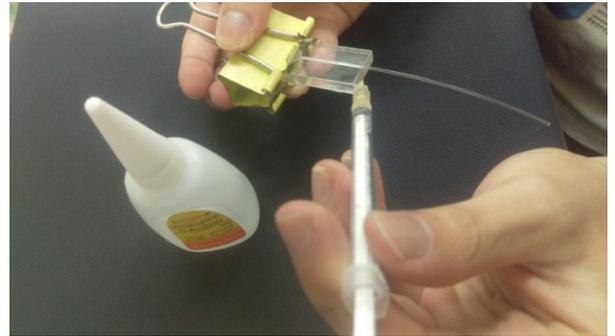


圖八 非接觸式影像量測儀



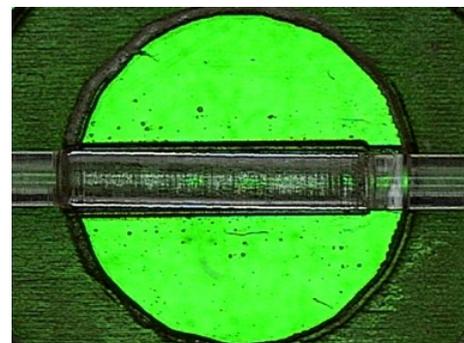
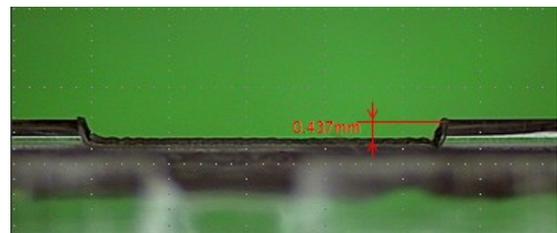
圖九 端面研磨過後的光纖

3. **光纖膠裝：**再來將其光纖，利用強力膠將固定於壓克力夾具上。



圖十 光纖膠裝

4. **光纖感測區加工：**利用雷射加工方式對光纖進行加工，移除深度 $440\ \mu\text{m}$ 之凹槽，作為光纖感測區(圖十一)，使用雷射雕刻機的優點為加工迅速且精準，藉以製作出實驗所需之 U 型光纖感測器。將加工完成的光纖感測器利用非接觸式影像量測儀測定光纖感測區的尺寸大小，計算平均深度，並藉由平均深度的變異係數來判別感測面的平整度(圖十二)。完成以上流程，即可製作出一個標準實驗用之光纖感測器(圖十三)。



圖十一 光纖感測區

平均深度(mm)	標準差(mm)	變異係數
0.437	0.005	1.2%

圖十二 光纖感測區加工結果



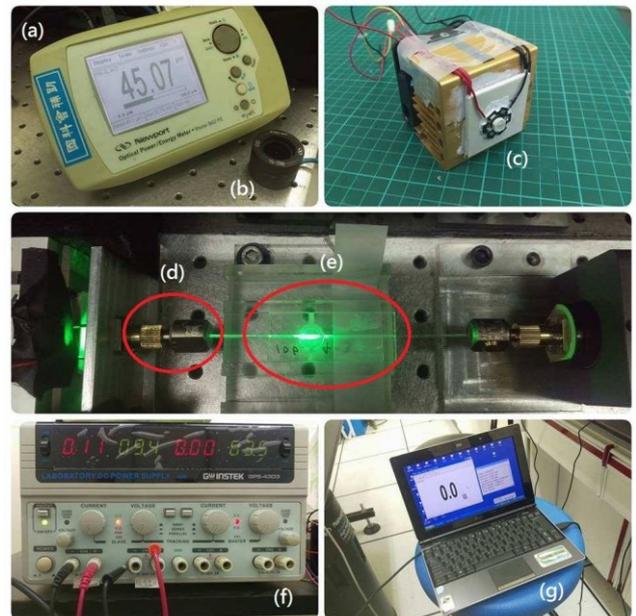
圖十三 光纖感測器

5. **調製待測溶液:** 本實驗主要的待測調配溶液有: 蔗糖溶液, 果糖溶液, 葡萄糖溶液。因為水果糖度之重量百分濃度小於 30%, 依其將這三種溶液分別調配濃度 0%, 10%, 20%, 30%, 40%(圖十四), 調配完成後的溶液, 量測期限為一周, 確保溶液不變質, 影響實驗結果的準確度。



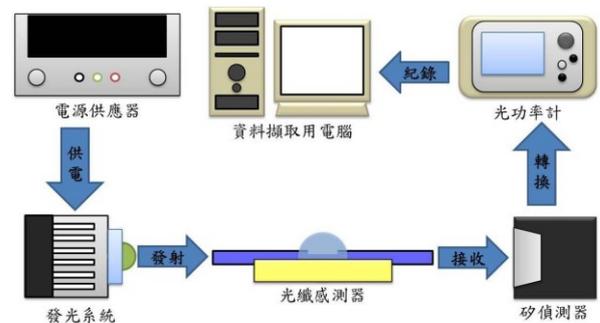
圖十四 待測溶液

6. **光強度量測:** 光強度系統(圖十五)在量測感測解析度前必須先暖機, 待訊號逐漸穩定後, 將此訊號設定為初始值即可開始量測。使用微量滴管汲取待測液, 並將其滴定上光纖夾具之滴定台上, 等待至待測液穩定後, 依綠光($\lambda=528\text{nm}$)與紫外光($\lambda=400\text{nm}$)波長的不同, 對光功率計調整設定, 並進行訊號記錄, 每次總紀錄時間為 30 秒, 測量至其標準差小於 50nw, 即完成待測溶液訊號量測(圖十六)。藉由其實驗結果之折射率與光強度, 分析待測溶液的感測斜率(Slope)變化來演算感測解析度(S.R.)。



圖十五 光強度訊號量測系統

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



圖十六 光強度量測系統工作流程圖

7. **配置氧化鋅溶液:** 將醋酸鋅加入甲醇溶劑中, 使用加熱攪拌器以 50~55°C 之溫度攪拌十至十五分鐘, 使之完全溶解, 再將氫氧化鈉加入其溶液中, 使醋酸鋅與氫氧化鈉之莫耳比為 2:3。加熱攪拌兩小時後, 置於室溫下一小時冷卻, 即完成氧化鋅溶液之配置(圖十七)。



圖十七 配置氧化鋅溶液之設備
(a)電磁加熱攪拌器 (b)醋酸鋅
(c)氫氧化鈉 (d)甲醇

8. **披覆氧化鋅溶液:** 將光纖感測器置於旋轉塗佈機上, 以微量滴管汲取氧化鋅溶液滴定於感測區中, 先以 500rpm 之轉速旋轉 10 秒, 使氧化鋅佈滿於感測區中, 再以 3000rpm 旋轉 20 秒, 將多餘的溶液甩出後, 置於加熱板上以 65°C 加熱 20 分鐘, 即完成氧化鋅之塗覆(圖十八)。



圖十八 披覆氧化鋅之設備
(a)旋轉塗佈機 (b)加熱板

(四)結果與討論

4.1 感測解析度 (Sensor Resolution)

感測解析度是用於衡量儀器之解析度的重要指標^[6], 最被接受的定義為: 在已知可信度內, 測得之分析物數據的最小值, 每一階訊號標準差數值的平均值, 平均標準差數值表示訊號變動量的誤差, 也包含了系統誤差和操作誤差。公式 1 的感測斜率 (Slope) 是每一階訊號的數值平均值, 再利用線性回歸方式求出感測斜率, 一般來說感測斜率越大, 階梯狀訊號上升幅度也越大, 表示感測能力越好。決定係數 R^2 可用來衡量迴歸方程式的配適度, 並衡量迴歸方程式的解釋能力, 其值介於 0 到 1 之間, 若值愈接近 1 則表示此迴歸線具較佳的解釋能力。

公式 1

$$S.R. \equiv \frac{3.3 \times STD_{avg}}{Slope}$$

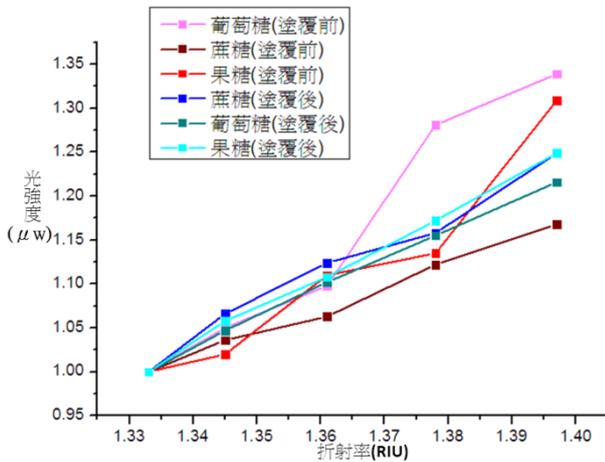
S.R.: 感測器解析度

STD_{avg}: 平均標準差

Slope: 感測斜率

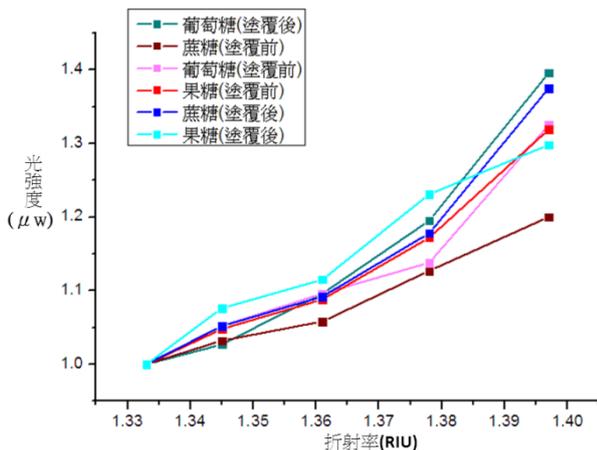
R^2 : 決定係數

綠光	塗覆前			塗覆後		
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖
Slope($\mu\text{w}/\text{RIU}$)	775	1595	1384	1074	984	1118
一次曲線 R^2	0.989	0.9389	0.9021	0.9732	0.9976	0.9961
二次曲線 R^2	0.9848	0.912	0.9336	0.961	0.9993	0.9942
STD(μw)	2.66×10^{-2}	2.91×10^{-2}	3.18×10^{-2}	3.20×10^{-2}	3.03×10^{-2}	2.98×10^{-2}
S.R	1.03×10^{-4}	5.48×10^{-5}	6.90×10^{-5}	8.95×10^{-5}	9.24×10^{-5}	7.99×10^{-5}



綠光比較圖(歸一化)

紫光	塗覆前			塗覆後		
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖
Slope($\mu\text{w}/\text{RIU}$)	2900	4390	4785	5423	5932	4468
一次曲線 R^2	0.9704	0.8784	0.9413	0.9026	0.9167	0.9776
二次曲線 R^2	0.98	0.9329	0.9881	0.9769	0.9965	0.9668
STD(μw)	3.62×10^{-2}	3.25×10^{-2}	2.57×10^{-2}	3.33×10^{-2}	2.92×10^{-2}	4.12×10^{-2}
S.R	3.75×10^{-5}	2.22×10^{-5}	1.61×10^{-5}	1.84×10^{-5}	1.48×10^{-5}	2.77×10^{-5}



紫外光比較圖(歸一化)

4.2 辨識度指標

對三種糖類的感測斜率以兩種不同糖類為一組分別進行辨識度指標的計算，並以其最大值作為糖類辨識方式之依據。

綠光	塗覆前	蔗糖	蔗糖	葡萄糖
		葡萄糖	果糖	果糖
光	塗覆前	6.92×10^{-1}	5.64×10^{-1}	1.42×10^{-1}
	塗覆後	8.70×10^{-2}	4.00×10^{-2}	1.27×10^{-1}
紫	塗覆前	4.09×10^{-1}	4.91×10^{-1}	8.60×10^{-2}
	塗覆後	8.90×10^{-2}	1.93×10^{-1}	2.82×10^{-1}

辨識度指標公式

$$\frac{\text{差異量}}{\text{平均值}} = \frac{\text{大數值} - \text{小數值}}{(\text{大數值} + \text{小數值}) / 2}$$

透過以上數據得到下列結果:

1. 不論塗覆前後，使用紫外光檢測出的感測解析度較佳。
2. 當使用紫外光對塗覆氧化鋅之光纖感測器量測葡萄糖時，感測斜率為最大，其值為 $5932 \mu\text{w} / \text{RIU}$ ，且擁有最佳的感測解析度 $1.48 \times 10^{-5} \text{RIU}$ 。
3. 因為蔗糖的感測斜率較低，當蔗糖與其他兩種糖做比較時，辨識度指標也較大。

(五) 結論

1. 在需要辨別糖類的情況下，藉由辨識度指標得知使用綠光對未塗覆氧化鋅之光纖感測器進行檢測對蔗糖擁有最佳辨識性。若需區分葡萄糖與果糖，則使用紫外光對塗覆氧化鋅後之光纖感測器較佳。
2. 在需要進行濃度確認的情況下，依糖類種類的不同，能獲得最佳解析度的感測模組也不盡相同，以下分別為三種糖類的最佳濃度確認方式:

(1) 蔗糖:

使用紫光對塗覆氧化鋅後之光纖感測器檢測蔗糖時，擁有最佳感測器解析度為 $1.84 \times 10^{-5} \text{RIU}$ 。

(2) 葡萄糖:

使用紫光對塗覆氧化鋅後之光纖感測器檢測葡萄糖時，擁有最佳感測器解析度為 $1.48 \times 10^{-5} \text{RIU}$ 。

(3)果糖:

使用紫光對塗覆氧化鋅前之光纖感測器檢測葡萄糖時，擁有最佳感測器解析度為 1.61×10^{-5} RIU。

(六)致謝

感謝許益誠老師這些日子的陪伴與指導，在實驗的過程中我們遇到問題總是不厭其煩的為我們解惑，在每週都會有實驗進度報告與討論，在Meeting的過程中也會細心指導我們實驗該注意的重點，並且提出問題讓我們去思考，這有助於腦力激盪，讓實驗更加順利，再次感謝老師的指導。

感謝李宇宸學長這些日子的教導，我們在實驗的過程中總是很有耐心地指導我們操作，有不懂的問題總是有問必答，也常常會提問給我們，讓我們去思考及討論，也讓我們專題能如期完成，再次感謝學長。

最後感謝組員們，這些日子大家都會彼此相互幫忙，在實驗的過程中也都很盡心盡力，專題也得以完成，大家都辛苦了，感謝這一路彼此的扶持。

(七)參考文獻

- [1]吳曜東，2001，「光纖原理與應用」，全華科技圖書股份有限公司，台北。
- [2]許招墉，1990，「光電工學概論」，全華科技圖書股份有限公司，台北。
- [3]謝宙耕，2006，「光纖漸逝波生物感測器之開發研製」，碩士論文，國立陽明大學。
- [4]陳志霖，2012，「以側向研磨法製作不同尺寸之U形光纖感測器及其研磨深度對於感測解析度之影響」，碩士論文，國立屏東科技大學。
- [5]莊佑豪，2009，「水溶液法製備氧化鋅薄膜及其光學特性研究」，碩士論文，大同大學。
- [6]Armbuster, D. A., Tillman, M. D. and Hubbs, L. M., 1994, Limit of detection(LOD)/Limit of Quantitation (LOQ): Comparison of the empirical and the

statistical methods exemplified with GC-MS assays of abused drugs, Clin. Chem., Vol.40, pp. 1233-1238.

The study of carbohydrates detection by fiber sensor and ZnO coating effect

Author : CAI,ZONG-YI

SU,TZU-FU

CENG,HUAN-ZH

Advisor : Yi-Cheng Hsu

Department of Biomechatronics Engineering National Pingtung University of Science and Technology

In this study, laser beam machining is used to cut the grooves of plastic optical fiber (POF), and the machined area is treated as sensing area. This fiber sensor is sensitive to surrounding refractive index related to different concentration of surrounding sample. The green light emitting diode (LED) ($\lambda=528\text{nm}$) and ultraviolet LED ($\lambda=400\text{nm}$) are employed as detecting light sources to investigate three kinds of carbohydrate samples of different concentrations. In this study, the sucrose, glucose, and fructose solutions are the target samples. The concentration of these samples are set to be 0, 10, 20, 30, and 40 % for the light intensity detection analysis. Also, the ZnO coating effect on the sensing area is measured and compared to the results without ZnO coating.

仿生水下載具與 arduino 感測器物聯網之運用

專題生：傅成耀、李昊濤、鄭傑文

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

水下載具之種類繁多，大多以傳統的螺旋槳推進方式為主要動力源，此種推進方式效率低，耗費過多的能源。我們透過對魚類運動的觀察發現，魚體的運動方式具有高效率、低耗能且操縱性高的特性，每種魚類的身形以及運動方式面對各種不同的需求也有相對應的變化，我們採取 2 種魚類的尾鰭來當作仿生標的，來研究仿生載具的可行性以及後端之應用，有些魚類對渦流比較敏感，用傳統推進方式會造成魚群恐慌，導致量測數據失真，故我們針對這種狀況，利用仿生水下載具仿魚類的特殊運動方式，使用 Ansys 來分析和微調動作，採取對魚群造成最小程度的驚擾來量測水質，搭載導電度(EC)、pH 值感測器，加上 ESP8266 的連網功能，上傳數據至 Thingspeak 平台，透過該網站的圖形化能力來達到物連網的功能，且能夠透過手機、平板或筆記型電腦，直接觀測水中之水質變化，幫助研究水質之變化更能簡易的被執行。

關鍵字: 仿生水下載具、流體動力學、ARDUINO 應用

一、引言：

水下載具是目前許多科學研究的發展重點，而目前的水下載具多以傳統的螺旋槳推動。其效率約在 20%-30% 左右，然而觀察魚類的遊動，其擺動效率可以高達 80%-90%，且其迴轉時的最小半徑也相對減少很多。[1] 而關於仿生機器魚的研究，國外發展已經行之有年。MIT 製

造的 ROBOT TUNA[2]，中國哈爾濱工大也有相關研究，對於魚類運動形式分類，依觀點不同將產生不同模式，如 Sfakiotakis 的推進模式，主要可分為下列兩大類，一為是利用全身魚體擺動推進或單獨尾鰭推進 (body and/or caudal fin, 簡稱 BCF)，另外一種是利用魚體中間的一對胸鰭來推進 (median and/or pair fin, 簡稱 MPF)，前者的操控性較佳，並具有好的靈敏度，後者推進速度較慢，但穩定度高[3]；若以魚體外形與運動性質，1984 年 Webb 則提出三種魚體類型，第一種是高速性的魚型，有著瞬間改變速度的能力，第二種是低耗能的魚型，可有效率的降低能量的損失而長時間游動，第三種是高操縱性的魚類，可以有高穩度的運動操作[4]。然而要達到類神經網絡的控制並不簡單，需要耗費相當多的時間與金錢，固本專題選擇用相對簡單的方式進行仿生機器魚的製作，並使用 CFD 軟體做測試及模擬來幫助設計。

二、研究方法

本專題分三部分：機械結構設計、電控系統設計以及 CFD 計算模擬部分，電控設計之處理器採用的是 Arduino NANO，搭配仿生數據之採集研究，利用程式設計來達成類魚體的運動模式，而且利用藍芽連接，控制端用現在人手一機的智慧型手機搭配 APP inventor 來操控，不僅達到遠端遙控的效益，且成本也能降低很多。

2.1 電控設計:

2.1.2 電控部分使用設備:

Arduino NANO*2、TowerPro MG995 伺服馬達、TowerPro SG90 伺服馬達*2、1.2V 1800mAh 充電電池*4、杜邦線若干、Arduino 用電導度感測器、EC meter v1.0、Arduino 用 pH 感測器、pH meter v 3.0、GOOGLE 語系智慧型手機、HC-05 藍芽模組、pH7.0 校正液、pH4.0 校正液、導電度 1413uS/cm 25°C 校正液、ASUS 10600mAh 行動電源、1.5v 電池*2

因魚體之空間有限，所以我們選用小顆的充電電池供給電源。電池除了供給 Arduino NANO 外同時還供給 3 顆伺服馬達，HC-05 則由 Arduino 做供給，經實測後 Arduino NANO 無法同時供給所有負載，故用電池供給馬達來解決電源問題。

經由仿生數據之相關研究取得，我們得知魚體尾鰭的擺動幅度約莫在 30 度，而平衡翼的部份我們則採用雙邊擺動，如須右轉時，左翼向下 45 度，右翼向上 45 度；如需左轉則相反。透過手機與藍芽系統的連接，從手機挑選運動模式，發送判別子到 HC-05，讓 Arduino 去做運動模式判別，選擇不同的副程式動作。期間我們嘗試過兩種方式來寫程式，分別為 switch case 與 if else 兩種不同模式。pH 感測器校正採用兩點校正法，選用之校正液為 7.0 與 4.0 透過程式與 pH meter 的可變電阻做調整[6]。EC[7]也選用兩點校正法，透過零點與 1413uS 之校正液做校正。

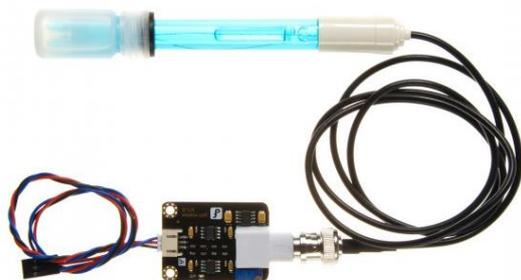


圖 2-1 電解質感測器

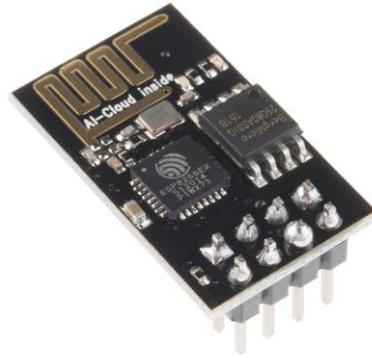


圖 2-2 Wifi 模組



圖 2-3 ThinkSpeak 登入介面

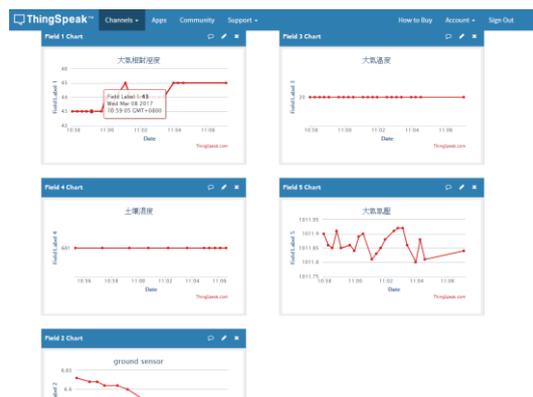


圖 2-4 ThinkSpeak 圖表示意圖

ESP8266WIFI[8]連結模組供電部分選用 2 顆電池供電，網路選用智慧型手機之網路(或者 WIFI)，透過感測器的感測收集資料，利用 ESP8266 透過 API Key 做認證後，上傳至 Thingspeak 平台，進入對應的頻道後就可以即時觀察水質資料了，該平台只要能開啟網頁瀏覽器之設備皆可使用，大大提高方便性。

2.2 機械結構設計:

2.2.1 動力源的選擇:

我們想要模仿的運動模式為”鱒行式”，是擺尾魚類中最常見且在速度及加速度上有最高平衡的一種運動模式，其主要的動力來源皆依靠尾鰭的擺動而非腹部的扭動，故尾鰭扭力需要使用較大的動力，我們使用的馬達是「MG995 Tower PRO」伺服馬達。在控制方向上面，相對不需要太多的扭力，故使用的馬達是「SG90 Tower PRO」。



圖 2-5 MG995 Tower PRO



圖 2-6 SG90 Tower PRO

2.2.2 外型設計:

雖然 MG995 Tower PRO 接上 6V 的電源，可以產生 10kg/cm 的扭力，但是要在水中運動還是稍嫌不足，故在整體的魚型上也盡可能地縮小魚體的體積及前端表面積；而且魚體的本身(除尾鰭)要設計成較通用大多數魚體的形狀，其外型是參考「托卡列夫 TT-33 手槍」的子彈外型，其設計使在前端受力面與後端的推力達到

相當良好的平衡，使得魚體在運動過程並不會產生頭高或是尾高的情況。

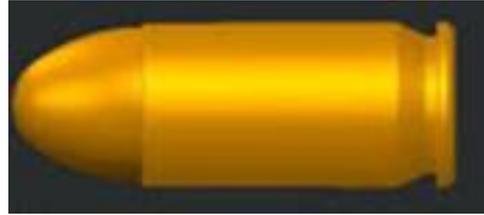


圖 2-7 托卡列夫 TT-33 手槍



圖 2-8 solidwork 魚體外觀

2.2.3 運動模式的簡化:

仿生魚只為了探測水下的情況而設計，並不用獵食、躲避天敵、交配等等之生物行為，故不需要做太多複雜的運動型態，我們的仿生魚做了快速前進(啟動時需高速擺動)、慢速前進(巡航)、左轉、右轉，不但可以節省製作的成本，也可以在控制上面得到最簡單的操作。

2.2.4 仿生標的:

我們設計的仿生魚模擬了兩種尾鰭，其目的為”為了比較兩種外型不相同的尾鰭之間的差異”

第一種:鯉魚(即半月型)的尾鰭

第二種:小丑魚的尾鰭

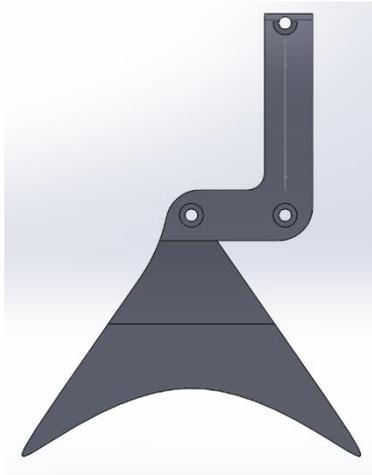


圖 2-9 鯉魚(即半月型)的尾鰭

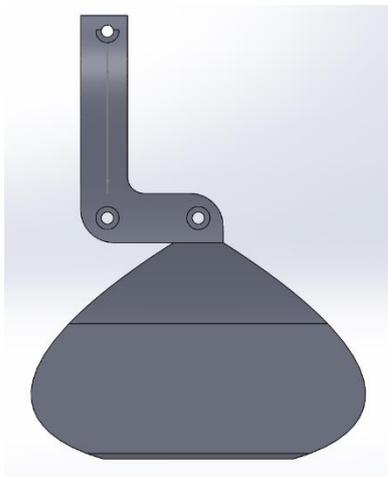


圖 2-10 小丑魚(即扇形)的尾鰭

會選擇這兩種尾鰭的原因是為了比較半月形的尾鰭以及扇形的尾鰭之間的差異。

2.2.5 可拆裝的尾鰭：

或許往後我們感興趣的不一定是”比較半月形的尾鰭以及扇形的尾鰭之間的差異”，所以尾鰭設計為可以拆裝的，採用 3D 列印機材料為 PLA 來製作出感興趣的尾鰭，並裝上魚體執行實際情況的模擬。

2.2.6 防水處理：

因為電子零件對水相當的敏感，只要有些許水分可能會導致零件損毀或是失真，所以我們在防水的方面採用 3M 4441J 可拆型防水

膠，它可以有效防止電子零件直接接觸到水。而 3D 列印的過程中也會因為材料的熱脹冷縮而在表面產生細小的孔洞，所以外殼的表面也必須做防水處理，使用的方式是在內表層塗上一層白膠，讓水不會進入內殼。

2.2.7 配重：

因為 3D 列印出來的外殼密度很低，大約是 200kg/m^3 ，遠小於水的 1000kg/m^3 ，所以必須增加仿生魚體的重量，才能使其下沉。

2.3 CFD 建模、模擬和分析

2.3.1. 使用軟件和功能

此次研究的 3D 建模是使用 SolidWorks。該軟體為製作 3D CAD 之專業軟體，採用用戶熟悉的 Windows 圖形界面，操作簡便、易學易用，被廣泛應用於機械、汽車和航空等領域。

網格生成和流體分析則採用 ANSYS17.2 套裝軟體，該軟體為一個被普遍採用的有限元素分析軟體；可用來分析與力學、熱傳及電磁學相關的工程問題，包括靜態分析、動態分析、非線性分析等等。這次主要是使用 Ansys Workbench17.2 為操作介面，用 DesignModeler 載入建模生成布林，然後用 Meshing 生成網格，最後用 Fluent 設定流場和流體分析。

2.3.2 前處理(實體模型尺寸)、網格

CFD 分析步驟是需要循序漸進的，以 Ansys Workbench17.2 為操作介面，以下依序說明。

2.3.2.1 建模生成

先從 SolidWork 把仿生魚建立一個圓柱形流場，為了有效的減少流體撞擊壁面造成的反彈，進而避免影響實驗結果：

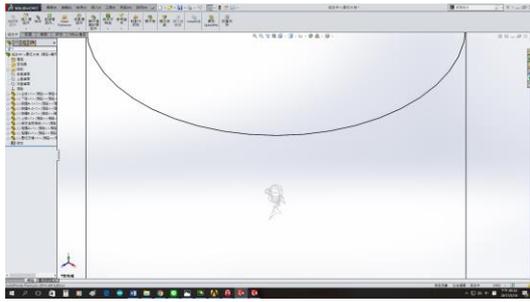


圖 2-11 圓柱流場

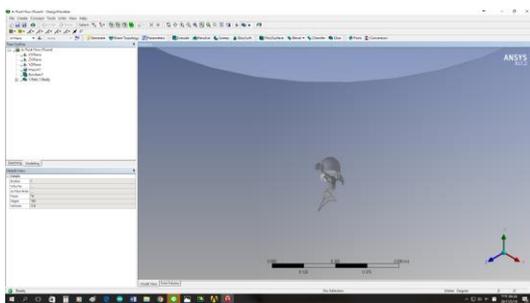
表 2.1、流場定義

魚體全長	約 225(單位 mm)
魚體前端 與流場壁 面距離	225*5(單位 mm)
魚體後端 與流場壁 面距離	225*9(單位 mm)
流場半徑	225*5(單位 mm)
流場體積	$225 * [5(\text{前端}) + 1(\text{魚體}) + 9(\text{後端})] * (225 * 5)^2 * \pi$ (單位 mm ³)

把魚體魚尾的關節處設為原點，在之後的動態網格會使用到；最後把檔案轉成 IGS 檔，才能和 Ansys 的 Geometry 相容。

魚體 IGS 檔載入到 Geometry 裡面，再使用 DesignModeler 來開啟；Boolean 產生設定是使用 Subtract 法，留著流場減去 fish_boby(魚體，只需要分析流場變化)，所以只會產生一個 Boolean。

圖 2-12 魚體和圓柱比較流場布林生成



2.3.2.2 生成網格

使用 Meshing 啟動；先定義魚體、輸入輸出面、流場面，在網格生成和邊界條件設定都非常重要。

把魚體的表面設定較細的網格大小，還有魚體網格均勻化；較外圍的流場則設定較粗網格即可。在流體分析時，魚體表面的均勻細網格，能讓計算精細度和準確度會高出許多；而流場極大部分都只是流體，使用較粗的網格能有效減少計算過程中效能的浪費，讓計算效能可以集中在魚體上。

在網格第一次生成後的調整，更改計算網格的增長率讓網格控制在一定的範圍數量(還是會有所誤差)，控制得當能有效改善網格的品質。

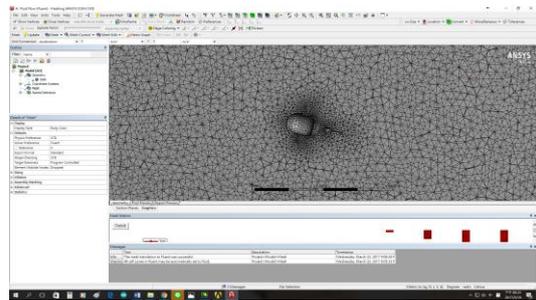


圖 2-13 網格生成(已剖面)

2.3.2.3 Fluent 端流模型設置

使用 Fluent 啟動，在 Model 選用 k-epsilon(2eqn)·k-epsilon(2eqn)就是指 K-ε 湍流模型，是計算流體動力學(CFD)中最常用的模型，用於模擬湍流條件下的平均流量特徵。

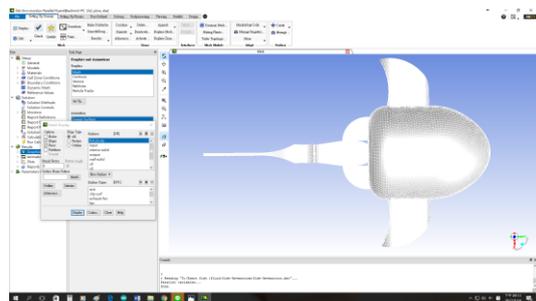


圖 2-14 Fluent 設置

2.3.2.4 Fluent 定義邊界條件和設置流場方向

在 Boundary Conditions 中，把” fish-body” 的 type 定義為 wall，用來表示受測物體；

” output” 的 type 定義為 pressure-outlet，為壓力的出口；

” Interior-solid” 的 type 保持是 interior；” input” 和 ” wall-solid” 的 type 定義為 velocity-inlet，並且流場之流向以三維方向控制，角度和控制方式參見” 表 3-2”。

表 3-2 流向與設定

角度流向	X 方向	Y 方向	Z 方向
0	0	-1	0
15	0.258819	-0.965925	0
30	0.5	-0.866025	0
45	0.707	-0.707	0
60	0.866025	-0.5	0
75	0.965925	-0.258819	0

2.3.2.5 參考值設定

Reference value 裡設置 Area、Density、Velocity、Length，compute from 設為” interior-solid”（流場）；雖然都會有預設值，但基本上跟計算所需條件有所出入，根據計算的不同所需要的數值也需做相應的改變，錯誤的參數對計算結果的影響是非常大的。

2.3.2.6 監測器設定

Residuals 基本上已經預設好，只需調整 absolute Criteria 來提升精準度。

求出 Cd(阻力係數)、Cl(升力係數)必須要設置監視器” Drag Monitor” 和 ” Lift Monitor ”；用來監視計算(收斂)過程中，Cd()、Cl()所產生的變化。

設置方式基本一樣，只是” Drag Monitor”

是以(0, 1, 0)面為監測面 ”Lift Monitor ” 是以(1, 0, 0)面為監測面。

2.3.3. 中處理

先到 Solution Initialization，選用 Hybrid Initialization 進行初始化。

因為是穩態流場的計算，所以 Run Calculation 中，只需設置 Number of Iteration(疊代步數)這裡定為 1000 次，才能有效收斂出計算成果，之後就開始計算。

計算結束後，Residuals、Drag Monitor、Lift Monitor 則會產生疊代過程的數值變化曲線圖，因為是穩態分析，只有疊代計算結果才是(疊代次數上來說)最準確的數值，曲線圖只是觀察流場從暫態變成穩態的疊代變化過程。

2.3.4. 後處理

使用 Graphics and Animation 的 Contours，此次實驗主要是使用裡面的” Velocity” 和 ” Velocity Magnitude” 選項；就能選擇需要參考的切面、魚體或是流場面等，雲圖、等值線圖、矢量圖等形式呈現出來，在實驗結果呈現時，這些圖能幫助分析流場的變化，以及相關物理參數的分布。

三、結果與討論

3.1 直流馬達與伺服馬達對魚體設計上的差異

表 3-1 直流馬達與伺服馬達對魚體設計上的差異

	所占空間	變速齒輪組	配線安裝	價格	穩定性
直流馬達	略大	需安裝	簡單	較便宜	穩定
伺服馬達	較小	用程式控制	簡單	較貴	略不穩

因為直流馬達需要設計一組**變速齒輪**，且**須要留更多的空間**去安裝變速齒輪組，才可以更有彈性的去控制擺尾頻率；但是伺服馬達不用，可以用**程式軟體**去做控制。不過，因為伺服馬達的訊號線只有從控制板到伺服馬達的那麼一條，也就是說，伺服馬達**無法回傳訊號給控制板**作偏差校正，所以，有時候伺服馬達工作久了或是被震動到，導致馬達裡面用以校正的可變電阻跑掉，就會造成**尾巴亂擺**或是**馬達卡在”死點”**，此時就要按 RESET，讓馬達復歸。

但考慮到**材料取得方便性**以及能力範圍的技術性，所以整隻魚體的三個馬達都選擇較不穩定但在設計及技術上較簡單的伺服馬達。

3.2 心形與扇形的尾鰭對魚體運動的差異

	向前 推力	轉彎 能力	渦流 產生	直游 平穩 性
半月形	較大	較困難	小渦流	較不穩定
扇形	較小	較簡單	大渦流	較穩定

因為兩種形狀的尾鰭各有優劣，所以兩種尾巴都設計出來做比較。至於要選用哪種尾巴使用，則要看**水域而決定**，如果是要在較多魚類的地方使用，則可以選擇**向前推力大但渦流產生較小的心形**，才不會因為渦流產生而驚嚇到其他魚類；反之，則可以選擇扇形的尾巴。當然還有**”下歪形”及”上歪形”**的尾巴也是蠻常見的，或許有機會也可以做出來研究看看。

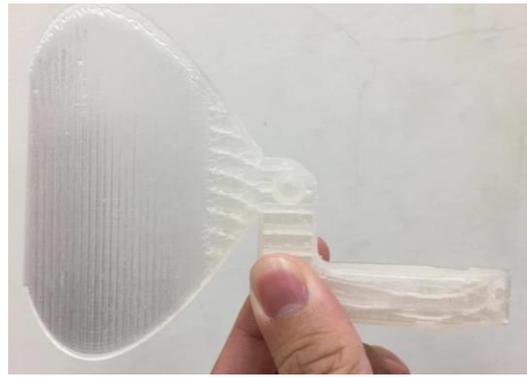


圖 3-1 扇形魚尾實體

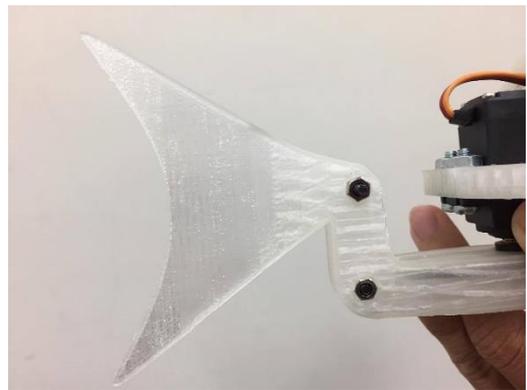


圖 3-2 半月形魚尾實體圖



圖 3-3 魚體正視

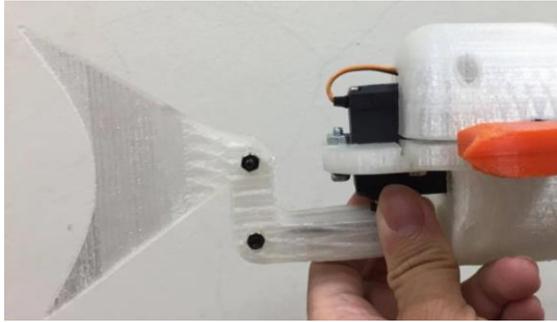


圖 3-4 魚體側視

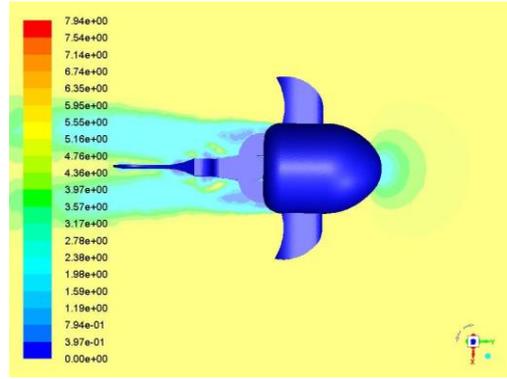


圖 3-7 仿小丑魚魚尾在流速 5m 流場的速度分佈(上視)

3.3 兩種不同魚尾在相同速度下所產生的差異

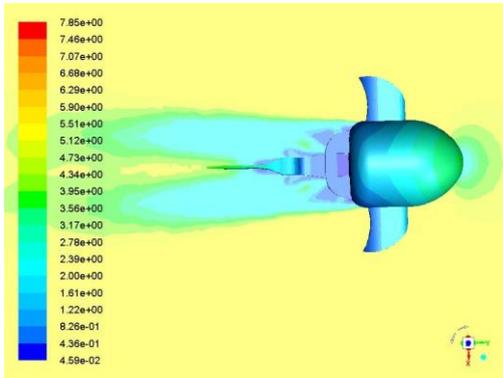


圖 3-5 仿鯉魚魚尾在流速 5m 流場的速度分佈(上視)

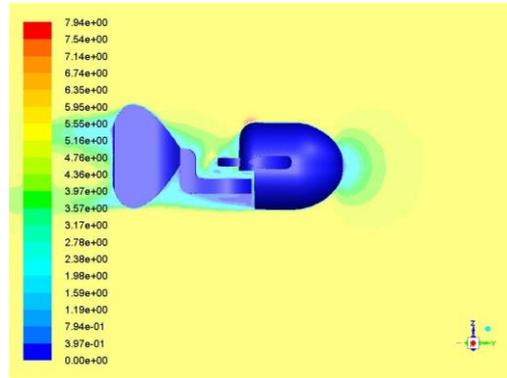


圖 3-8 仿小丑魚魚尾在流速 5m 流場的速度分佈(側視)

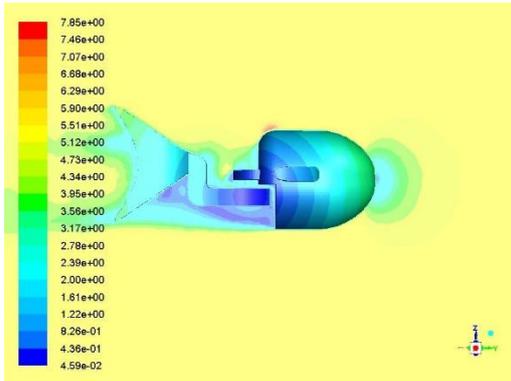


圖 3-6 仿鯉魚魚尾在流速 5m 流場的速度分佈(側視)

在兩者的對比能看出鯉魚魚尾所受到的阻力較大，在雙方側視圖(圖 3-6, 3-8)能看出來差別，在魚尾後方，(圖 3-6) 仿鯉魚魚尾對流場流速的減緩有較多的影響，尤其在魚尾下方能明顯的看出來，(圖 3-6)的速度有明顯的下降，(圖 3-8)則沒有那麼明顯，(圖 3-5, 3-7)的魚體後方也能看出差異；雖然阻力較大，但是並不代表游速會較慢，這需要靠動網格來驗證。

3.4 魚體在相同流速但不同流場方向下所產生的差異



圖 3-9 仿鯉魚魚尾在流速 5m 流場方向 0 度的速度分佈

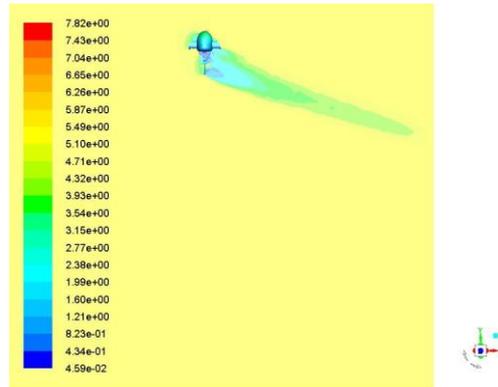


圖 3-12 仿鯉魚魚尾在流速 5m 流場方向 75 度的速度分佈



圖 3-10 仿鯉魚魚尾在流速 5m 流場方向 15 度的速度分佈

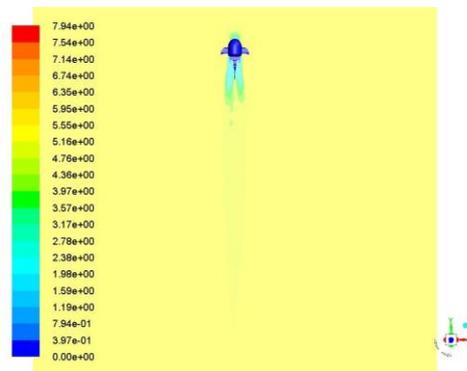


圖 3-13 仿小丑魚魚尾在流速 5m 流場方向 0 度的速度分佈

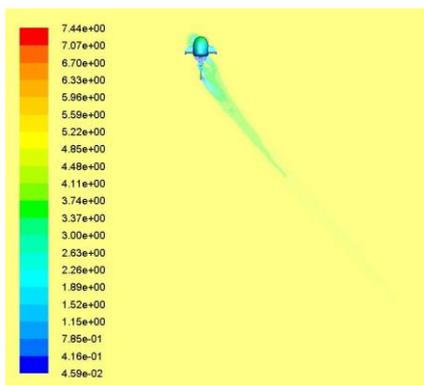


圖 3-11 仿鯉魚魚尾在流速 5m 流場方向 45 度的速度分佈



圖 3-14 仿小丑魚魚尾在流速 5m 流場方向 15 度的速度分佈

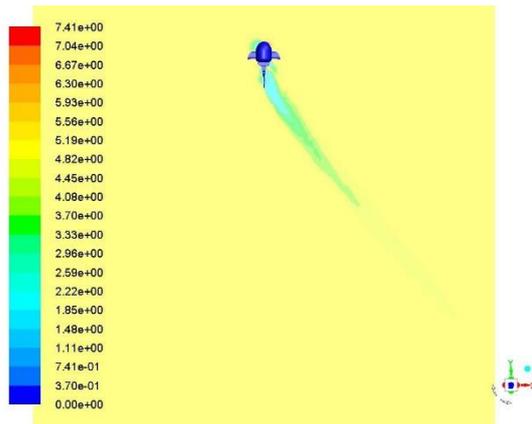


圖 3-15 仿小丑魚魚尾在流速 5m 流場方向 45 度的速度分佈

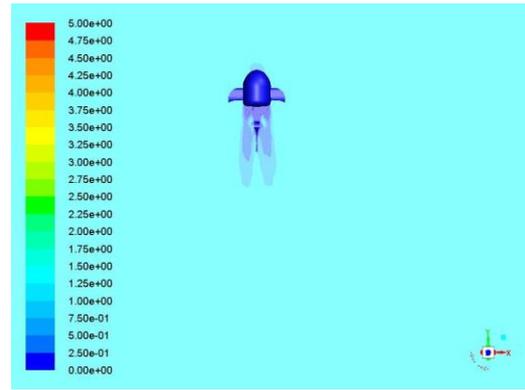


圖 3-17 仿小丑魚魚尾在流速 1m 流場的速度分佈



圖 3-16 仿小丑魚魚尾在流速 5m 流場方向 75 度的速度分佈

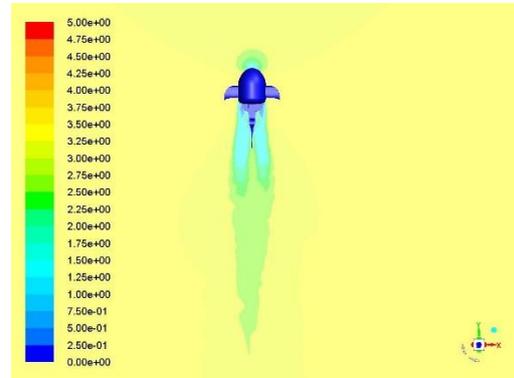


圖 3-18 仿小丑魚魚尾在流速 3m 流場的速度分佈

在兩者的對比能看出小丑魚尾在流體方向改變時，流速變化較大，且周圍流體的分佈較複雜，表示小丑魚再轉換方向時魚體會較不穩定。從(圖 3-11, 3-15)能看出，小丑魚魚尾受到阻力，尤其在(圖 3-20)更能明顯的看出速度的分佈變化。

3.4 魚體在同流場方向不同流速下所產生的差異

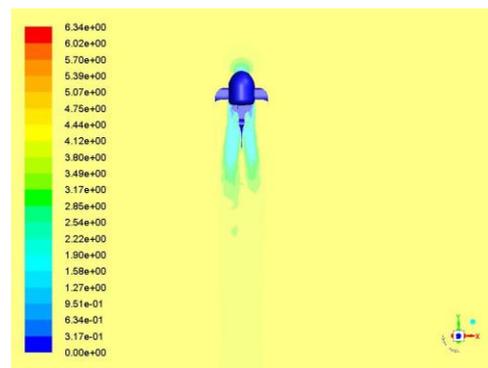


圖 3-19 仿小丑魚魚尾在流速 5m 流場的速度分佈



圖 3-20 物聯網之結果(量測物為水)

感測器部分選用為導電度與酸鹼值之感測器，透過無線連網模組與 arduino 相配合，再進行過連線測試與晶片調教後，成功將數據送往 Thingspeak 之雲端，並在頻道上顯示出來，圖 3-20 所式物聯網之運行結果，該項技術可以運用在即時監控，誤差約為 30 秒。

四、結論

在成功製作出仿生水下載具，檢選材料、設計機構、安裝感測元件、程式測試、直到組裝完成，在這過程中幾乎不暇他人之手；在之後的流體分析則受到老師的不少的幫助和建議，讓原本沒甚麼概念的 Ansys 流體分析從無到有的完成。雖然耗費了不少精力，也從中學了不少技術，並且訓練及培養我們思考問題及解決問題的能力，讓我們受益良多。

圖 4-1 物聯網之感測器之結果

在之後可以解決的問題有：

1. 搭配流體模擬後改善設計，讓仿生水

下載具能拖動感測器。

2. 添加水溫感測器，讓數值能夠更準確。
3. 提升系統穩定度，因 ESP8266 有記憶體容量限制，資料數不能夠太多，且系統不夠穩定。
4. 解決電控電源系統不夠穩定之問題，盡量把電池取代掉。

1

六、參考文獻

1. 淺談流體中生物的推進方法與仿生推
<http://myweb.ncku.edu.tw/~chenjh/science/biomimetic-prop/bio-prop.html>，2017，5月檢索
2. MIT's Robotic Fish Takes First Swim
<http://news.mit.edu/1994/robotuna>，2017，5月檢索
3. Sfakiotakis M., Lane D. M. and Davies B. C., "Review of Fish Swimming Modes for Aquatic Locomotion," Journal of Oceanic Engineering, 1999, Vol. 24, pp.237-252.
4. Webb, P.W., "Form and Function in Fish Swimming," Scientific American, Vol. 251, 1984, pp.58-68.
5. MG995 規格
<http://www.towerpro.com.tw/product/mg995/>，2017，5月檢索
6. [Arduino] PH meter
<http://boywhy.blogspot.tw/2016/07/arduino-ph-meter.html>，2017，5月檢索
7. 黃家煒，2016，微型植物工廠內不同顏色反射半球對莖莖生長之研究，國立屏東科技大學，生物機電工程所
8. Arduino WIFI(ESP8266) 初次上手應用
<http://lolwarden.pixnet.net/blog/post/82031214-%2A%E6%95%99%E5%AD%B8%2Aarduino->

wifi%28esp8266%29-
%E5%88%9D%E6%AC%A1%E4%B8%8A%E6%89%8B%E6
%87%89%E7%94%A8, 2017, 5月檢索

9. 楊正議, 2003, 結構有限元素分析: 理論與 ANSYS 套裝軟體之應用, 碩士論文, 國立臺北科技大學, 土木與防災技術研究所

10. 蔡禹昇, 2015, 開發以 ANSYS-Fluent 為架構之數值模擬法探討行星式 MOCVD 反應腔體內之三維氣體流場, 博士論文, 國立中央大學, 機械工程學系

11. 莊勝翔, 2016, 仿鰻科機器魚之研製, 碩士論文, 國立屏東科技大學, 材料工程研究所

12. 周亞激, 2016, 無人飛行載具應用於室內環境檢測之可行性研究, 碩士論文, 國立台北科技大學, 能源與冷凍空調工程系

13. 張維益, 2013, 使用馬達驅動IC板搭配 Arduino 控制馬達正反轉與轉速, 期刊, 元智大學, 最佳化實驗室

七、附錄

Application of Bionic Underwater Vehicle and Arduino Sensors with IoT

Students : Ryan Fu, Howard Li, JHENG, JIE-WUN

Advisor : Dr. Jr-Ming Miao

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

Summary

Underwater vehicles comes in a lot of varieties. Most of them are mainly powered by traditional turbine propulsion. This kind of power are low in

efficiency, wasting too much energy. As we observe fish movements, we found out that the way fish moves has high efficiency, low energy consuming, and high maneuverability. The body shape and the way of movement of every kind of fish differs as they adapt to their environment. We select caudal fins of two kinds of fish to be bionic standards to study the possibility and future applications of bionic carriers. Some fish are more sensitive to swirls, which may scare the fish if using traditional turbine propulsion, making the data obtained less accurate. To solve this problem, we use bionic underwater carriers to mimic the special movements done by fish. By using the Ansys to analyze and fine tune the movements, measuring the water quality while not scaring the fish, equipped with EC and pH sensors, with access to internet by ESP8266 to upload the data to Thingspeak platform, through the graphical capabilities of the website to achieve Internet of Things, we can observe the water quality through cellphones, tablets, or laptops directly, making the research of changes in water quality becoming more easily.

Keywords: Bionic underwater carriers, hydrodynamics, the application of ARDUINO designing.

LED 補光於溫室水耕番茄栽培之生長品質研究

學生：簡弘翔、何博文、李柏昇

指導老師：張仲良 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題主要研究與觀察溫室內水耕種植玉女番茄且施與 LED 補光後的生長品質。實驗天數 60 天，平均日夜溫、濕度差分別為 12°C 以及 31%，補光時段為早上 6 時至 10 時以及下午 14 時至 21 時，補光光質比例為 45%：45%：10%，實驗組與不實施補光之對照組進行生長品質分析與比較，實驗結果得知實施補光後，對於番茄生長、開花、結果以及果實甜度皆有顯著提升的效果。

關鍵詞：LED 補光、水耕番茄、溫室

一、引言

糧食危機與糧食安全議題近年來備受國際社會重視，植物工廠隨著 LED 照明應用的成熟，結合 LED 光源的植物工廠也在近年來蓬勃發展，LED 的價格下滑確實有助 LED 應用於植物工廠。

植物工廠是環控農業的一種，是設施園藝近期的發展，透過對設施內的環境做精密控制，實現農作物全年穩態量產的高效能農業系統，由微處理機對植物生育過程溫度、濕度、光照、CO₂ 濃度以及營養液及環境條件進行自動控制，不受或很少受自然條件限制的全新生產方式[1]。

光環境是植物生長發育不可缺少的重要物理環境因素之一通過光質調節控制植株形態建成是設施栽培領域的一項重要技術。依照植物光合作用需要的光線我們將植物燈基本都是做成紅藍組合、全藍、全紅三種形式覆蓋光合作用所需的波長範圍。在視覺效果上紅藍組合的植物燈呈現粉紅色。紅光促進植物發芽開花，藍光促進植物生長可以自主選擇更合適的波長和顏色比例促進植物的生長[2]。

植物工廠依使用光源不同，可分 3 種類型：「太陽光利用型」的植物工廠，如同傳統的精密溫室，台灣種蝴蝶蘭的蘭花溫室即屬此種。再來是「太陽光與人工光源併用型」的植物工廠。這較像荷蘭的溫室於利用陽光外還採用高壓鈉燈進行人工補光，第三種為「完全人工光源型」的植物光場，早期亦使用高壓鈉燈，由於高壓鈉燈很熱，需冷氣散熱花費大量電費，使得這一型的植物工廠造成業者卻步，但現在因光源可用高效能的人工光源，如 LED 燈，燈具方面相對節能[2]。

光是植物進行光合作用所必需的能源，太陽的總輻射能很高，但是到達葉片表面的可見光中，最多僅約 5% 的光能被光合作用轉化貯存在碳水化合物中，大部分被葉片反射，損失（包括熱散失），或者用於其他代謝，因此利用科學的植物補光方法促進光合

作用是提高作物產量的有效途徑，如通過補充光照延長光合時間，從而促進農業的發展[5]。

此次專題我們以玉女番茄為實驗對象，主要是透過觀察水耕番茄在 LED 補光下，生長速度不同、結果量、開花量和果實甜度來做比較，並且定時的控制水質 pH、EC 值，討論實際種出來的玉女番茄產量。

二、實驗材料及設備

2.1 實驗設備

本實驗的水耕植栽架由玻璃溫室提供，補光區之組合式 LED 燈組分別有 3 種不同的光源分別為：

紅光峰值：654 nm、藍光峰值：448 nm、綠光峰值：523 nm，補光區光源由以上三種光組合而成。圖 1.為玻璃溫室之水耕植栽架。

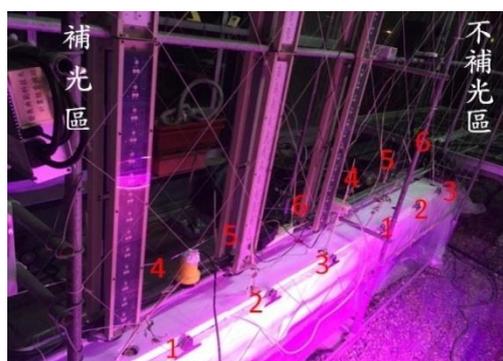


圖 1. 玻璃溫室之植栽架

2.2 量測儀器

儀器和植物生長密不可分，除了能掌控植物生長的情況，亦能得知和記錄環境因素。

- (1) pH 感測器：型號 6011，感測範圍 0-14.0。
- (2) EC 感測器：型號 6021，感測範圍 0-19.99 mS/m。
- (3) DO 感測器：型號 DO-5510，感測溶氧範圍 0~20.0mg/L。
- (4) 光量子計：型號 3668I，感測範圍 400~700 nm 的光，單位： $\mu\text{mol/s}$ 。

(5) 光譜儀：型號 MK350N，量測範圍 5 to 70,000 lx。

(6) CO₂ 濃度感測器：型號 T7001，量測範圍 0 至 2500 ppm，單位：ppm。

(7) 溫溼度感測器：型號 watch dog 1000 series。

(8) 甜度計：型號 PAL-alpha，量測甜度範圍 0.0-85.0%，單位：Brix%。

2.3 實驗材料

番茄幼苗(都市農夫種苗工坊)、花寶 2 號養液(1g/1000ml)、氫氧化鉀、海綿、栽培床、植栽槽以及定植盆。

其他設備與材料詳見附錄(一)。

三、研究內容與方法

3.1 實驗規畫與設計

本專題採用 LED 補光搭配玉女番茄進行實驗，詳細內容由下面兩點說明。

3.1.1 使用番茄之種類介紹

玉女小番茄，是一般市面上認為最好吃的小番茄品種，皮薄、果甜，又爽口，果實長橢圓形，果色紅色，果重約 18 公克，糖度可達 10 度，果形整齊，皮薄質細緻，風味甘甜。台灣播種期適合在 9 月到隔年的 1 月，播種到採收約 120 天，番茄營養成分相當豐富，含有維生素 A、C、B1、B2、B3、B6、E 及果糖、蔗糖、及適量的膳食纖維…等成分，玉女番茄對於防癌、抗癌，特別是前列腺癌，可以起到有效的治療和預防。圖 2.為 3 個月大玉女番茄幼苗。



圖 2. 3 個月大的玉女番茄幼苗

3.1.2 實驗設計

(1)生長環境控制

本次實驗使用 3 個月大的玉女番茄幼苗，採用水耕方式，並使用 LED 補光。在相同溫度、養液、空氣、濕度及溶氧量下，比較補光與不補光之生長品質。

(2)LED 補光

LED 紅藍綠光比例分別為 45%：45%：10%，採用此比例進行補光。補光時間為早上 6:00 至 10:00、下午 14:00 至 21:00 共 10 個小時，在光照不足時進行補光，促進補光區番茄幼苗生長，並凸顯補光與不補光之差異各顏色波段如下：

紅光波長 610~720nm、藍光波長 400~520nm、綠光波長 520~610nm[1]。

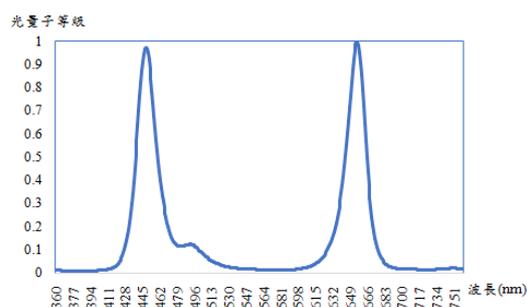


圖 3. 番茄 LED 補光之光譜

3.2 實驗流程與步驟

水耕番茄成長過程中，最需要注意的是養液的酸鹼值，如果 pH 值低於 5.5，很容易有爛根的情形出現，必須定期測量並添加氫氧化鉀加以控制在合適範圍，同時溫室溫度也是保持植株健康的原因，夏天的溫度會使溫室悶熱，故加裝灑水器降溫。

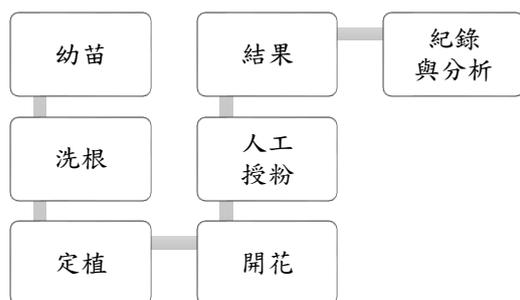


圖 4. 實驗流程

本實驗步驟如下：

- (1)將三個月大玉女番茄幼苗，以逆滲透(RO)水將根清洗乾淨。
- (2)將清洗好根的幼苗穿過海綿，並擺放入定植盆。
- (3)以竹筷和束帶將番茄幼苗固定，使其直立生長。
- (4)使用花寶 2 號種植、3 顆沉水馬達 24 小時循環和增氧器增加溶氧量。
- (5)定時 LED 補光 6:00~10:00、14:00~21:00。
- (6)定時超音波灑水器和風扇 10:00~14:00 開啟。
- (7)一個禮拜測量 2 次 EC、pH；換水 1 次。
- (8)開花時，使用毛筆人工授粉。
- (9)果實成熟，摘下妥善保存。
- (10)測量數據、分析結果及記錄。

3.3 環境數據

溫室的環境，會影響番茄生長，尤其是光照和水槽養液的 EC、pH 控制，對番茄會造成最直接的影響，須嚴格控管且紀錄。水槽 EC 變化、pH 變化，可由圖 5、6 得知。而番茄水耕 EC 值：0.75-2 mS/m、番茄水耕 pH 值：5.5-6.5[3]。我們設計補光區補光時間為早上 6:00 至 10:00、下午 14:00 至 21:00，由圖 7 可以看出，補光時間中的光量子較高；而不補光區光量子則隨著接收的太陽光做變化。其他詳細實驗環境數據詳見附錄(二)

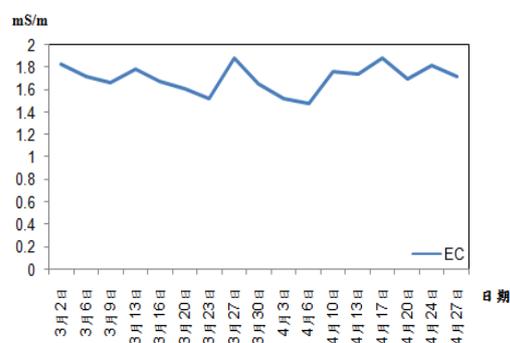


圖 5. 水槽 EC 變化

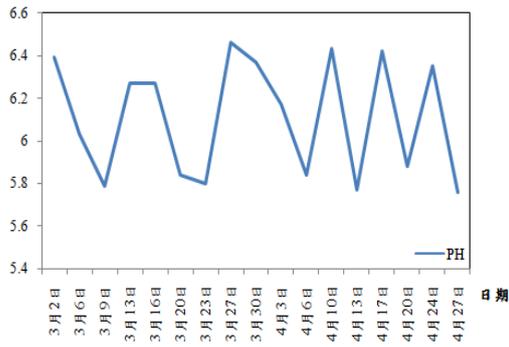


圖 6. 水槽 pH 變化

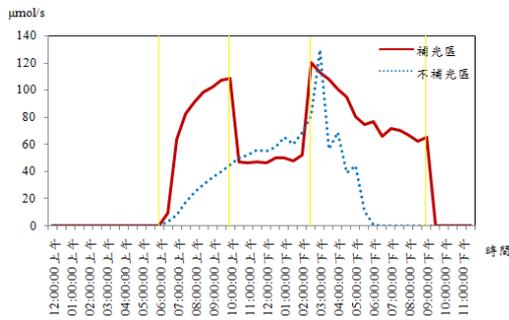


圖 7. 補光區補光時間為早上 6:00 至 10:00、下午 14:00 至 21:00

四、結果與討論

本次專題從開始定植後的 60 天開始收成，並測量根重、莖高、莖徑、葉重、總鮮重、開花數、果實數、甜度，比較補光和不補光的生長品質差異，進而探討補光對於番茄助長是否可行、是否符合經濟效益。

4.1 番茄補光區和不補光區之數據比較

4.1.1 根重平均之比較

補光番茄根重之比較，由圖 8.可知補光區根重>不補光區根重。水耕植物由根部就能判別出生長的情況，生長狀況良好根部需白暫且根系茂密。

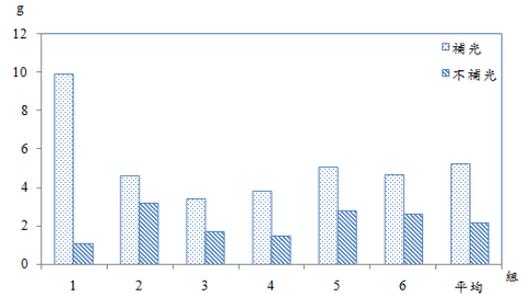


圖 8. 番茄根重之比較

4.1.2 莖高、莖徑之平均之比較

莖的主要功能是支持、輸送、貯藏的功能，莖的發展是番茄成長的重要關鍵之一。由圖 9、圖 10.可得知補光區莖高>不補光區莖高、補光區莖徑>不補光區莖徑，可得知補光可使番茄的莖成長快速且厚實，這對番茄生長有極大幫助。圖 9. 2、3 組和圖 10. 3、4 組，補光區之莖高及莖徑小於不補光區，這是因為番茄植株的本身先天缺陷，但經由補光加強植株之光照時間，有明顯增高和增粗的情形。

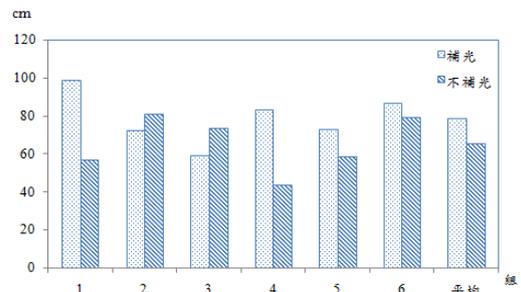


圖 9. 番茄莖高之比較

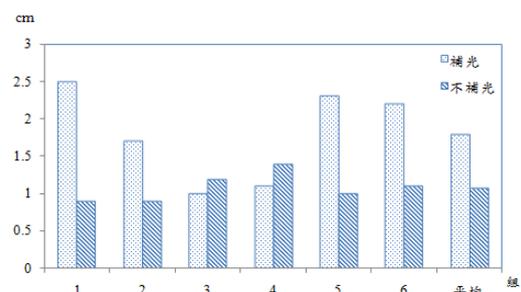


圖 10. 番茄莖徑之比較

4.1.4 葉重平均之比較

葉子可吸收陽光，並利用二氧化碳和水，進行光合作用製造養分、並排出氧氣。葉子的多寡，影響著番茄的生長、開花，而由圖 11.得知，補光區葉重>不補光區葉重，由此可知，補光可以促使葉子快速且茂盛。

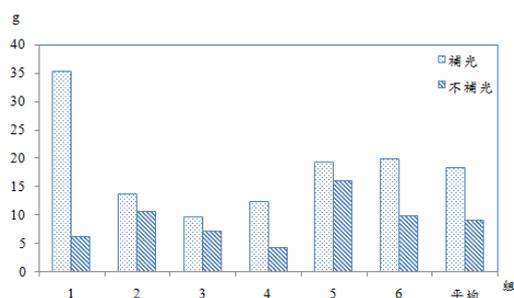


圖 11. 番茄葉重之比較

4.1.5 總鮮重平均之比較

鮮重(總鮮重=莖重+葉片重)是指鮮活的植物採集來後立刻測出的重量，總鮮重之測量可得知植株的健康程度，由圖 12.能發現補光區總鮮重>不補光區總鮮重。

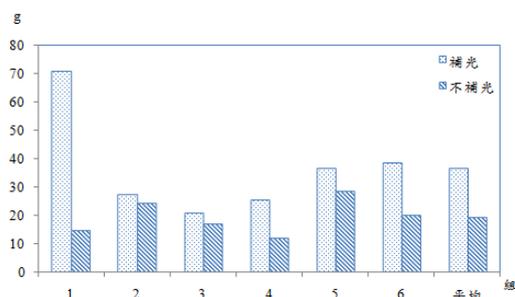


圖 12. 番茄總鮮重之比較

4.1.6 開花數平均之比較

花的生成是結成果實之前必要的一個環節，由於種在溫室裡，故使用人工授粉的方式，如果開花數不多，相對的結果數自然減少，從圖 13.中可以觀察到補光區之開花數>不補光區之開花數。圖 13.是從開第一朵花後開始往後紀錄 10 天的情形。

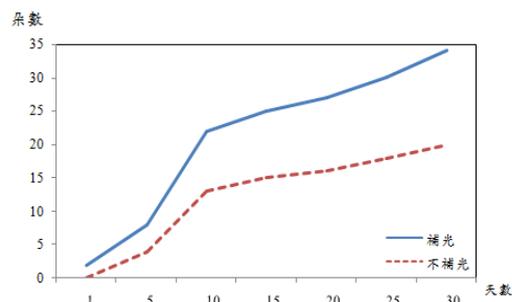


圖 13. 番茄開花數之比較

4.1.7 結果數平均之比較

依資料顯示，花授完粉後，接續就會結果，但依照圖 14.所示，補光區結果數>不補光區結果數，且在不補光區結果比例比補光區低，在外在環境因素一致下，可得知不補光區因光照不足，導致開了花、授了粉卻無法順利結果。

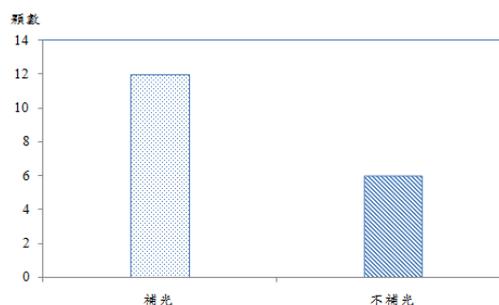


圖 14. 番茄結果數之比較

4.1.8 甜度平均之比較

甜度計之測量需有一定的液體做測試，而不補光區共 6 顆果實，我們將以 2 顆果實為一個組別做測量，補光區亦使用此方法進行，測量結果如圖 15.所示。由圖 15.可以得知兩區的甜度有明顯差異，LED 補光影響著果實的甜度，也可有效將玉女番茄甜度控制至 10 Brix%左右，能提升番茄甜度就更能貼近市場需求。

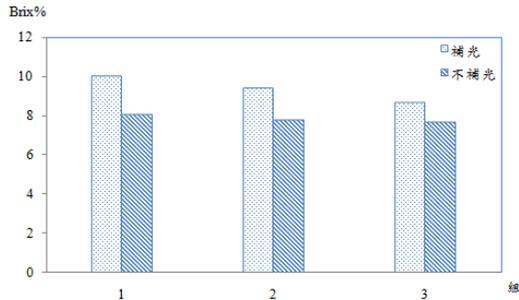


圖 15. 番茄甜度之比較

4.2 結果與分析

本次實驗共 60 天，紀錄玉女番茄的 LED 補光和不補光的生長過程，由以上數據可以證明，LED 補光對於玉女番茄生長有極大幫助，且符合經濟效益、達到市場需求，以短暫的時間獲取滿載的收穫。

圖 16、17. 為番茄收成之成果照，由圖可比較，補光和不補光外觀差異甚多，補光區番茄不管是根、莖、葉的生長，都較不補光區良好，由外觀及數據，更能證實補光能使玉女番茄生長品質優良。



圖 16. 補光 1 番茄之成果



圖 17. 不補光 1 番茄之成果

五、結論

本專題致力於探究玉女番茄在 LED 補光和不補光之生長品質差異，並探討出 LED 補光和不補光番茄生長速度之差異，並由以上數據統整出以下幾點做總結：

- (1) LED 補光使玉女番茄根部發展良好、莖部茁壯、葉子茂盛。
- (2) LED 補光促進玉女番茄開花、結果，並且使玉女番茄開花量增多，亦確保開花後能順利結果。
- (3) LED 補光可有效提升玉女番茄甜度，使玉女番茄更具經濟價值。
- (4) LED 補光可促進玉女番茄生長，縮短成長時間、延長開花期，增加收穫量。

六、致謝

感謝指導老師張仲良教授的細心指導，在每次的會議討論中，給予我們許多建議和想法，使我們能修正和改進，並且在我們困惑時，適時的指點我們，使我們能一路順遂。亦感謝實驗室的學長們，教導我們種植方面的技術、儀器的使用及數據的分析。也感謝同學們的互相鼓勵、扶持。有了大家的幫忙和協助，我們才能夠順利完成專題。

七、參考文獻

- [1] 邱文仁，2013，「LED 應用於植物工廠之設計探討」，碩士論文，私立崑山科技大學，台南。
- [2] 中國 LED 網。2016。LED 植物補光燈應用及技術參數。中國：中國 LED 網。網址：<https://kknews.cc/zh-tw/home/r5r2e4.html>。上網日期：2016-10-06。
- [3] 高德錚，1986，「水耕栽培—精緻蔬菜生產技術之開發」，台中區農推專訊，第一卷，第五十六期，第 25-30 頁。
- [4] 鄔家琪、張明毅、連芳潔，2015，「補光光質對番茄豐年二號生長與果實品質之影響」，台灣園藝學會，第六十一卷，第二期，第 141-152 頁。
- [5] 黃丹丹，張士秀，賈淑霞，張曉平，肖雨，周桂玉，陳學文，2012，「LED 補光對番茄光合特性的影響」，中國農學通報，第三十卷，第二二期，第 102-108 頁。
- [6] S. Hikosaka, S. Iyoki, M. Hayakumo, E. Goto, 2013, “Effects of light intensity and amount of supplemental led lighting on photosynthesis and fruit growth of tomato plants under artificial conditions,” Journal of agricultural meteorology, Vol. 69, No. 2, pp. 93-100.
- [7] H. I. Xu, Q. Xu, F. Li, Y. Feng, F. Qin, W. Fang, 2012, “Applications of xerophytophysiology in plant production — led blue light as a stimulus improved the tomato crop,” Scientia horticulturae, Vol. 148, No. 169, pp. 320-325.
- [8] M. Dorai, A. Papadopoulos, A. Gosselin, 2001, “Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality,” Agronomie, Vol. 21, No. 4, pp. 367-383.

- [9] O. Jolliet, B. J. Bailey, 1992, “The effect of climate on tomato transpiration in greenhouses : measurements and models comparison,” Agricultural and forest meteorology, Vol. 58, No. 1-2, pp. 43-62.
- [10] M. Zeroni, J. Gale, J. B. Asher, 1983, “Root aeration in a deep hydroponic system and its effect on growth and yield of tomato,” Scientia orticulturae, Vol. 19, No. 3-4, pp. 213-220.

八、附錄

附錄(一)

表 1. 實驗材料

材料	數量	備註
發泡煉石	2 顆	
黑色水管	1 條	口徑 1.5cm
燒杯	1 個	1L
超音波灑水器	1 台	DC48V.250W.
PVC 管	1 條	長度 45cm
玻棒	1 根	
束帶	1 包	
筷子	12 雙	
計時器	3 台	
沉水馬達	3 台	
透明水管	2 條	
增氧器	1 台	
風扇	2 台	

Abstract

This subject is to study and observe the growing quality of hydroponic cultivated cherry tomatoes which LED is applied in a greenhouse. The experiment went for 60 days, the average day and night temperature is 12 °C and the humidity is 31%. LED was applied at 6 am to 10 am and 2 pm to 9 pm. The LED light quality ratio was 45%:45%:10%. After analyzing the experimental group and the control group, which didn't apply LED, the results showed that applying LED increases the growth, flowering, fruiting, and the sweetness of tomatoes significantly.



圖 18. CO² 變化

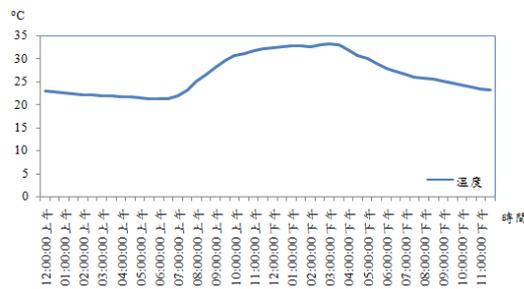


圖 19. 溫度變化

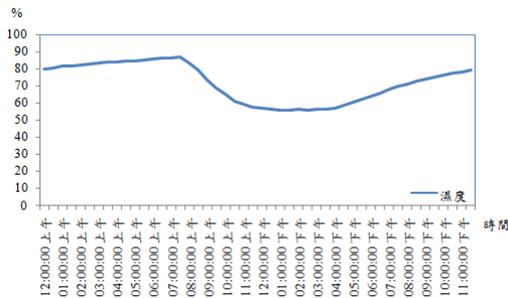


圖 20. 濕度變化

Effect of growth response of hydroponics tomato to multi-wavelength light emitting diode supplementary lighting in a greenhouse

Author : Chien Hung-Siang, He Po-Wen, Lee Po-Sheng

Department of Biomechanics Engineering
National Pingtung University of Science and

溫室耕作之四輪二驅式遙控開溝機設計與實現

學生姓名：劉俊傑、陳廷全

指導老師：張仲良 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究提出一台具有開溝功能之電動四輪二驅式遙控農耕機，可應用於溫室小場域耕種作業所需。開溝機構設計上採用鏈條式傳動方式來帶動一仿生耙具對耕地進行翻土的動作。實驗結果得知，開溝機可在1分鐘內開溝5公尺，續航力可達2小時，操控距離為15公尺左右，未來可望取代傳統引擎式開溝機具，提供環保、綠能的農耕作業環境。

關鍵字：遠端遙控、溫室種植、開溝機具。

一、引言

耕地每年在減少，所以要提高單位面積產能是現階段農業發展的關鍵任務^[1]，台灣地小，耕種面積不大，大型的農耕機具成本高、不環保且容易破壞耕地土性，因此，小型的、具有環保、綠能的電動耕具可視為未來農耕作業中不可缺少的作業機具，其中，現有設施耕作機械在粘性較大的土壤中的碎石能力會降低，且土壤阻力對機具傷害較大，因此，一般會採用柴油機和汽油作為動力，克服上述問題，然而，這也對溫室的環境造成污染^[2]，據調查，設施栽培環境下，耕作層的土壤厚度為15~25cm^[3]，而國內簡易棚室空間較為狹窄，在大棚內展開機械化作業時，常受限於機具尺寸過大，因此，本文研製了一種小型電動開溝機^{[4][5]}，在土壤條件相異的情況下，可讓本文所開發的開溝機完成鬆土與開溝作業，而鬆土部件是電動開溝機的主要機構，在鬆土作業時，可利用開溝機件對土壤進行切割、攪拌並拋翻，然而，土壤介質本身具有質量和強度^[6]。採用鏈條式鬆土機構和馬達驅動設計方式，勢必需要有對應的設計方式才能順利以電動機取代內燃機，達到簡化機構以及節能與環保的要求。這對於發展

經濟、高效與環保設施農業具有重要的現實意義^{[7][8][9]}。

二、研究內容與方法

2.1 動機與目的

本章節以列表方式為傳統大型農機、輕型農機以及本研究欲開發之機體來做比較，討論三者之間各方面之優異性。表1所示為比較項目與三者之效果。

表1 三種農機之比較

項目	曳引機	耕耘機	遙控開溝機
操作方式	駕駛	人力	遙控
能源	柴油	汽油	電瓶
工作效率	高	中	低
動力成本	高	高	低
污染程度	高	高	無
農機體積	大	中	小
自由度	低	中	高
維修成本	高	中	低
對使用者身體負擔	中	高	低

根據上表所述，我們了解現有曳引機與耕耘機本身以及在使用過程中的問題，並針對其缺點訂定以下可以改善的項目：

- 廢氣污染
- 成本過高
- 自由度低
- 身體負擔

對應上述問題，本專題的研究方向建立在電動化農機具、低成本生產與維修、體積羽量化以及減輕使用者在長時間作業中的身體負擔。

2.2 行為規劃

本章節主要預估本研究在未來工作場域中之條件限制，設定機體的主要功能之規劃。

2.2.1 限制規劃

本研究所包含之條件限制如下：

- 工作環境地面平坦
- 工作環境中土壤沒有大石頭
- 土壤硬度低於 5 kgcm^{-2}
- 動力源為可攜式電瓶
- 工作範圍大小介於 10m^2
- 預估工作時間為 1 小時
- 工作環境中溫濕度相對恆定
- 遙控範圍限制為半徑 10m

在預期的結果中，未來本研究的機體在符合上述條件下可以正常運作。

2.2.2 功能規劃

機體的主要功能為挖掘，配合溫室內種植物的多樣性，在建設種植區域時提供可調式鬆土深度。

在預期之結果中，假設挖掘深度可達 10cm，挖掘寬度為 20cm，第一道工作路徑與第二道相距 22.5cm，以此類推往右側延伸。

2.3 機電系統建置

本章節涵蓋了機構設計、軟體、硬體以及機電整合之結果，介紹本研究之進行過程。

2.3.1 機構設計

本章節主要介紹所設計之電動鬆土機的設計概念與參考相關機械，並採用 SolidWorks 2016 繪圖軟體呈現零組件以及應力分析結果。

在決定設計方向之前，我們以現代農民所使用之農機具為參考，分類出三種常見模式：圓盤犁、旋耕刀和旋耕刀（如圖 1.至圖 4.所示）。



圖 1. 圓盤犁



圖 2. 旋耕刀



圖 3. 鏈條式

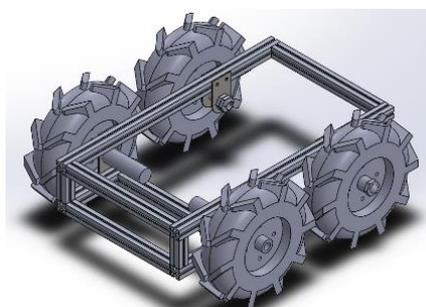
根據上述類型做出統整，針對本研究的目標，即：農機電動化、羽量化、縮小便利化，進行討論並篩選出適合的設計方向。

為符合本研究之設計概念，圓盤犁與旋耕刀並不適合作為機體設計方向，原因如下：

- 圓盤犁與旋耕刀在作動原理上對牽引的原動機構要求有一定的重量作為下壓力。
- 鏈條式的傳動方式易於與直流馬達結合，動力形成為本研究可採取之方案。

在底盤方面，依據既定場域中所規劃之工作範圍大小、作物間距等作為參考背景，設計出符合實際需求之規格。

以 3×3 (公分) 的鋁擠作為車體結構之原料，結合四顆型號 350-5 之人字胎，組製 80 cm (長) \times 70 cm (寬) \times 30 cm (高)。圖 4. 為設計圖與實體圖之比照。



(a)

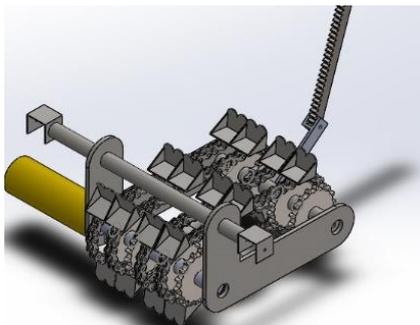


(b)

圖 4. (a) 底盤設計; (b) 底盤實體

在挖掘機構方面，依據假定場域中所規劃之田畦規格作為參考背景，配合鏈條的運動模式，設計出符合實際需求之機構。

以自行車單速鏈條為基本元件，結合 18 齒單速飛輪作為機構的核心傳動機制。本研究以挖掘為目標設計出相對應之耙具，電焊在鏈條上作為挖掘土壤的主要元件。為達到設定的工作寬度，以複數並排組合機構。圖 5. 為設計圖與實體圖之比照。



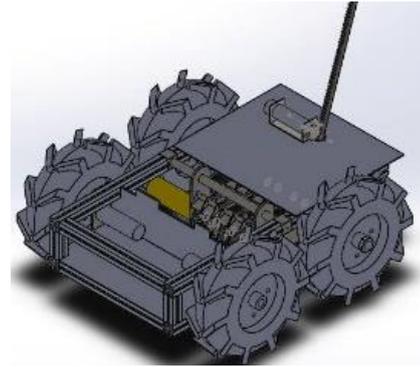
(a)



(b)

圖 5. (a) 機構設計; (b) 機構實體

將挖掘機構掛載與底盤兩側之鋁擠後，整體開溝機具如圖 6. 所示。



(a)



(b)

圖 6. (a) 整合設計; (b) 整合實體

本研究所使用之材料表與規格表均附在附錄中，欲查詢零件規格請參閱附錄。

2.3.2 硬體

硬體架構中，以一組 Sony Dualshock Wireless Controller 為控制端進行操作，訊號送至 Arduino Mega 2560 單晶片微處理器作為計算與決策核心；感測元件包括了電壓感測器以及電流感測器；以五個繼電器作為開關模組，分別作為紅黃綠 LED 警示燈與蜂鳴器之開關；驅動器之受控制體則為數顆 12V 直流馬達；以兩顆電瓶為整台機體之動力源。

圖 7. 所示為本研究在遙控系統上採用之無線搖桿以及其連接控制晶片之訊號接收端。



圖 7. Sony Dualshock Wireless Controller

圖 8.所示為無線搖桿接收器之腳位，在本研究中有使用到的腳位分別為：Data、Command、Ground、Power、Attention 以及 Clock。這些腳位的功能主要是 Data 腳為 Mega 2560 之接受端，Cmd 腳則為發送端。Gnd 以及 Vcc 為電源線從 Mega 2560 供應 3.3V 為驅動電壓，其餘兩端則是負責處理訊號。



圖 8. 接收器之腳位

圖 9.為機體中之硬體架構，其中實線為訊號線，顯示信號的發送與接收端；虛線為電源線，說明驅動各部分的對應電壓。

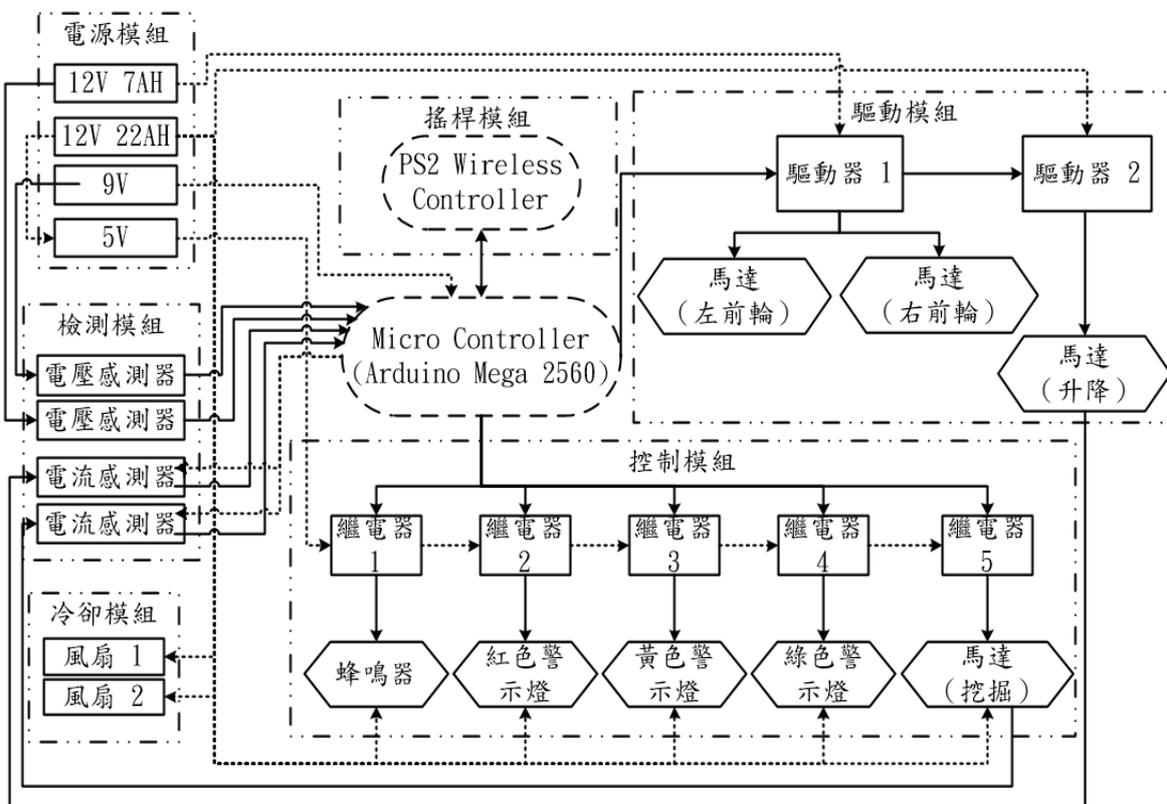


圖 9. 硬體架構

2.3.3 軟體

本研究在軟體的應用中，以 Arduino 為主要之程式語言，撰寫機體的行為模式，並配合無線搖桿之按鈕為觸發信號，計算與採取決策。

圖 10.為程式流程圖，敘述機體在動作流程中控制晶片運作模式。圖中流程為啟動後，切入 Check 程式，檢查紅黃綠 LED 警示燈與蜂鳴器是否正常。開始接收到搖桿“Start”按鈕的訊號後，切入正常動作的程式。結束工作流程後回到指定待機區域，關閉電源。

根據挖掘馬達的規格，我們在軟硬體上都設定了保險機制，防止挖掘機構在與硬物接觸時發生堵轉或馬達超負荷的情況，包括了 7A 的保險絲以及配合電流感測器檢測到之馬達工作電流強度，切入相對應條件之程式迴圈。

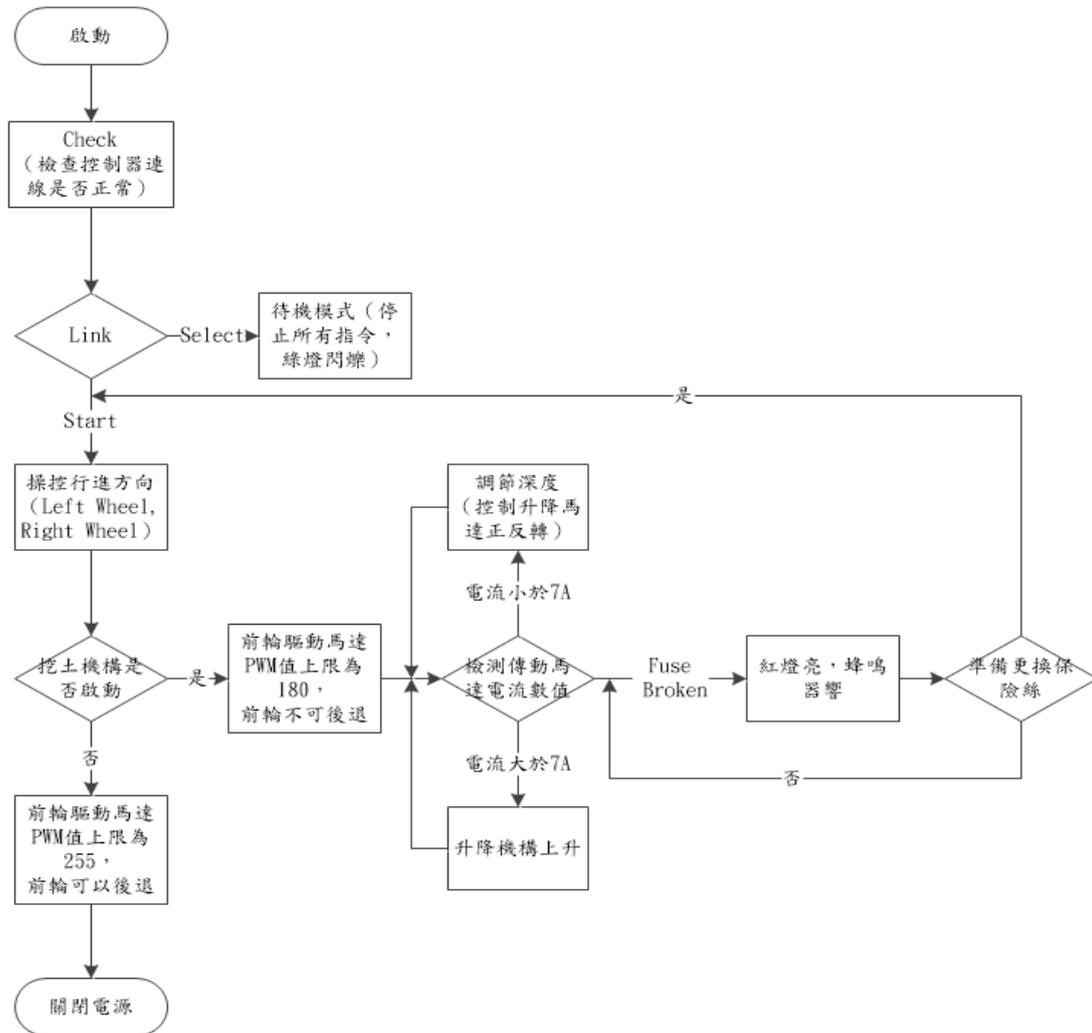
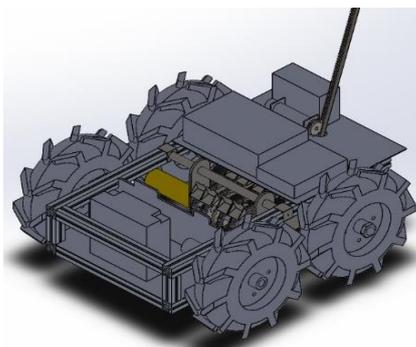


圖 10. 程式流程

2.3.4 系統整合

本章節主要介紹機構設計、軟體以及硬體之整合與配線。說明在整個系統中的關係與連接，以達到控制機體動作的目的。

整合完畢後，本研究之遙控鬆土機如圖 11.所示。



(a)



(b)

圖 11.(a) 遙控開溝機之設計; (b) 遙控開溝機之實體

三、結果與討論

3.1 實驗規劃

實驗場域規劃

機體在進行實驗之前，擬定工作路徑為 7 米。實際場域位於生機系 B104-1 實驗室室外溫室後方。圖 12. 為規劃場地之照片。



圖 12. 測試場域

圖 13. 中以繪圖軟體模擬出預期值工作結果。圖中實驗區域總長 7 米，預期挖掘深度可達 10 公分，寬度 20 公分。

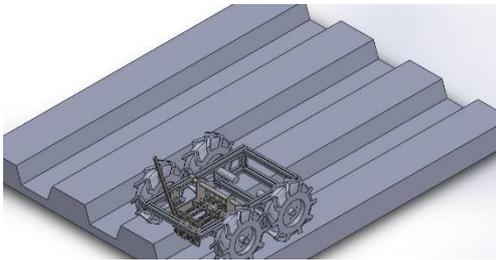


圖 13. 預期之測試結果

3.2 結果

本章節主要在分析實驗後的數據，以表的形式呈現出挖掘深度、寬度、穩定度以及鬆土機之工作效率。

圖 14. 為定點挖掘實驗之結果。其中最大深度為 9 公分，溝表寬度為 24 公分，溝底寬度為 16 公分。



圖 14. 定點挖掘實驗之結果

圖 15. 為單趟來回挖掘實驗之結果，左圖為去程、右圖為回程。在扣除機體底盤之起始與終點位置後，得出實際挖掘的路徑實為 5 米。



圖 15. 單趟來回挖掘之結果

圖 16. 至圖 18. 中呈現每 50 公分記錄一次挖掘深度、溝表寬度以及溝底寬度之折線圖。

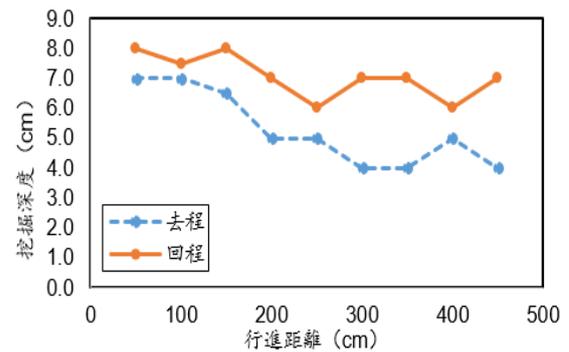


圖 16. 實驗結果之深度

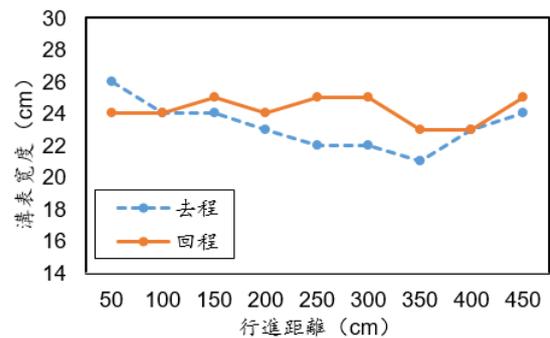


圖 17. 實驗結果之溝表寬度

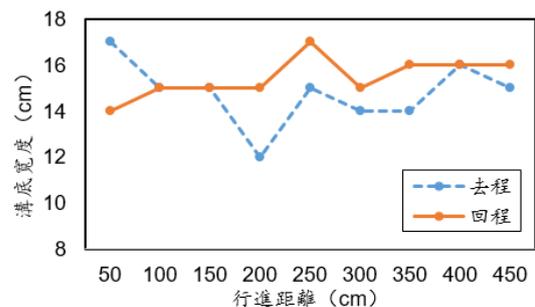


圖 18. 實驗結果之溝底寬度

根據上圖實驗結果可以看出在去程的挖掘過程中，初始深度為7公分且逐漸減至4公分。根據分析，在動作形成的時候，下方土壤被累積在底盤前方，導致在前進時土壤重新填補回溝底。而在回程的結果中，我們可以看到挖掘深度相對穩定，其平均值為7公分，且挖掘形成之排水溝的溝表寬度與溝底寬度也相對平穩。

實驗過程中，我們也測試出了搖桿的遙控距離極限為17米。預期中使用者若定點操作機體，遙控範圍可達900平方米（趨近於一分地）。遠端遙控開溝機可以讓使用者完整觀察到機體的行為模式與工作環境，同時有效地避免了挖掘土壤時引起的揚塵現象對使用者之危害。

四、結論

4.1 目前本研究所開發出之遙控挖掘機已具有以下能力：

- a. 機體遙控範圍極限為 17 米；
- b. 藉由升降馬達可以調節挖掘深度；
- c. 定點挖掘的極限深度可達 9 公分；
- d. 挖掘寬度可達 20 公分；
- e. 土壤硬度限制為 5 公斤每平方厘米；
- f. 車體重量負載可達 40 公斤；
- g. 電瓶滿電時機器能夠有效運作 2 小時；
- h. 實驗後測得，遙控開溝機的工作效率為每分鐘 5 米。

4.2 未來工作

以下簡要說明本文後續將完成之工作。

- a. 結合物聯網，達到遠端遙控；
- b. 結合感測器，配合人機界面即時回傳機體狀態；
- c. 加入更完善的避障功能，提升使用上的安全性；
- d. 克服環境的因素，在不同的環境下也能夠完成預期的結果。

五、致謝

感謝指導實驗室學長與張老師的指導，引導我們從構想、到畫圖設計、到完成硬體加工、軟體撰寫、再到最後的整合與實驗。漸漸的把這個專題從無到有，一手一腳地製造出來。老師與學長們的建議與支持，讓我們的專題能順利成功。

六、參考文獻

- [1] 泛科技。2013。科技農業的進行式—植物工廠發展沿革與台灣推動現況。網址：<http://pansci.asia/archives/41615>
- [2] 李彩霞，2008「滾齒式溫室電動鬆土機的研製」，山東華宇職業技術學院
- [3] 行政院農業委員會。2008。訂定農業用溫室標準圖樣及其結構計算書簡介。網址：<http://www.coa.gov.tw/ws.php?id=13673>。上網日期：2016-11-23。
- [4] 孟炜，2009，「溫室電動鬆土機的研製」”山東農業大學學報，40，269-272
- [5] A Bechar，2016，“Agricultural robots for field operations: Concepts and components” Biosystems Engineering，Volume 149，Pages 94-111
- [6] 何偉寧，2006，「溫室電動鬆土機鬆土部件的數學研究」，農業裝備與車輛工程，第五期
- [7] Z Bitar，2015，“Testing the Performances of DC Series Motor Used in Electric Car” Energy Procedia Volume 74，Pages 148-159
- [8] 李雪，2012「基于 MATLAB 的溫室電動鬆土機機構仿真研究」農業裝備與車輛工程 第 12 期
- [9] A Bechar，2017，“Agricultural robots for field operations. Part 2: Operations and systems” Biosystems Engineering，Volume 153，Pages 110-128
- [10] 樊桂菊，2003，「溫室電動爪式鬆土機的研究設計」中國農機化 第 2 期
- [11] C Zhang，2013，“Development of Robot Tractor Associating with Human-drive Tractor for Farm Work” Laboratory of Vehicle Robotics，Graduate School of Agriculture，Hokkaido University，IFAC Proceedings Volumes Volume 46，Issue 4，Pages 83-88
- [12] M.A.K. Yusoff，2012，“Wireless Mobile Robotic Arm” Procedia Engineering，Volume 41，Pages 1072-1078
- [13] N. Noguchi，2011，“Robot Farming System Using Multiple Robot Tractors in Japan Agriculture” IFAC Proceedings Volumes，Volume 44，Issue，Pages 633-637

[14] C. Zhang, 2013, "Development of Robot Tractor Associating with Human-drive Tractor for Farm Work" IFAC Proceedings Volumes, Volume 46, Issue 4, Pages 83-884

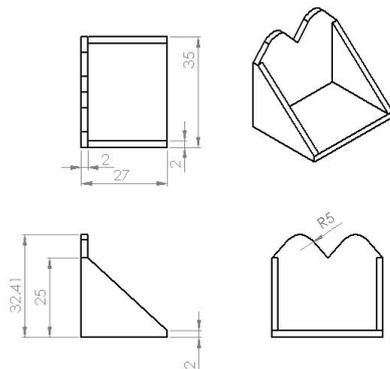
附錄

A. 材料表

材料	尺寸	數量
鋁擠	30x30x1000mm	4
人字輪	350-5	4
鋁條	D55xL150mm	2
白鐵 4T	200x60mm	6
	160x260mm	2
軸承	6202Z	4
	6304-2RS	4
齒條	L 500mm	1
齒輪		1
耙具	35x35x25mm	32
鏈條	50 目	4
鏈輪	18T	8
白鐵 2T	400x350mm	2
壓克力	400x250	1
鐵管	D22xL1000mm	1
器材	廠商	數量
電瓶	湯淺電池	2
馬達	祥儀馬達	4

控制元件	數量
無線搖桿	1
Arduino Mega 2560	1
電壓感測器	2
電流感測器	2
繼電器	5
LED 警示燈	3
蜂鳴器	1
馬達驅動器	2

B. 耙具三視圖



C. 機體照片



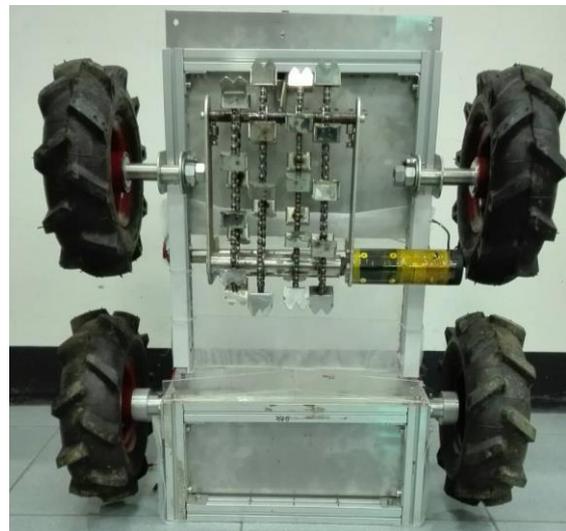
機體正面



機體背面



機體上面



機體底面

Design and Implementation of a Wireless Remote Controlled Drain Digging Machine for Greenhouse

Student: Chuin Jiat Liew, Ting-chyuan Chen

Advisor: Dr. Chung-Liang Chang

Department of Biomechatronics Engineering

National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

This study proposes a wireless remote controlled drain digging machine to solve problems whenever a traditional agriculture machinery is unfit to perform tasks in a greenhouse, which is very limited in space. This machine is designed using front-wheel drive (FWD) system by matching both front wheels with two DC 12V motor. Another two DC 12V motor are also used in the lifting part and the digging part. Four sets of chains and gears are assembled to be the transmission system, 32 pieces of stainless steel made teeth are welded evenly around the chains, led to hit the ground. In the end of experiment, we found that this machine is capable to maintain the task with the efficient working rate of 5 meters per minute, which can perform 2 hours of working with a fully charged battery, the remote distant is beyond 15 meters. The focus of this study is to present a motorized agriculture machinery, combining the concept of remote control, which is user friendly for operator and also environment friendly to earth.

Keyword: Wireless Remote Control, Greenhouse Farming, Drain Digging Machine.

台南、高雄、屏東地區濕乾穀折算方式之探討

學生：林坤達

指導老師：陳韋誠

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本研究針對台南、高雄、屏東(南、高、屏)地區進行第二期稻作取樣，並實驗探討含水率及容重量對濕乾穀折算率的影響，在不增加農會濕穀收購作業負擔的原則下，探討第二期稻作合理且客觀的濕乾穀折算率的作業模式，作為農民繳交濕穀時之依據，提高濕穀收購的公信力及減少糾紛發生，同時可以維護農會與農民之雙方權益，謀得農會與農民間良好之合作關係。研究結果，以單一參數而言，含水率折算成品率的相關係數最高(R^2 最高為 0.61)，其次是去雜率(R^2 最高為 0.33)，若以多變數(含水率、容重量、去雜率)預估濕乾穀折算率之線性關係式，可使判定係數較原先僅用濕穀含水率之單一變數之線性關係數提高。分析結果，除雜率與容重量分析呈現中度相關，容重量越低，去雜率越高，可作為判定成品率之初步參考依據，含水率與去雜率此二變數分析濕乾穀折算率之結果已具極高的預測能力。

關鍵字：濕穀、去雜率、成品率

一、前言

近年來因農村人力老化，為維持乾燥過程米質穩定，減輕繁重勞力負擔，政府輔導農會設立稻穀乾燥中心，收購濕穀，有些並委託民間單位處理政府的公糧部份。多數農民收穫

濕穀後直接送當地公糧業者(農會或民營糧商)代為烘乾後繳售公糧。一般公糧收購時，必須要維持水份含量 13% 以下，目的在延長保存期限[3]，又目前穀物乾燥機皆朝大型化發展[9]，各乾燥中心在濕穀收購後通常須將不同農民的濕穀混合烘乾，無法予以區隔磅重，僅能以濕穀乾燥前之濕穀重與當時水份含量折算乾燥至 13% 之水份含量時，應有之乾穀重，據以計算價款，此即為一般所稱之濕乾穀折算率。

目前濕乾穀折算率方式是以測量含水率的儀器檢測出的稻穀含水率做為標準，然而乾穀去雜後之成品重量除了與濕穀含水率有關，與濕穀的成熟度之關係更為密切[4-5]，稻米成熟度高，未稔米比例會大幅降低，然而因氣候或土壤之影響，甚至收割時段為清晨含露水多，成熟飽滿稻米之含水率並未必較低，因此，以含水率為換算穀成品率的唯一依據，並非一客觀且正確之標準[1、6、10]。因為農民收割稻穀時間不一，遇到不同天候條件，稻穀含水量隨著變化，使得濕乾穀折算率浮動相當大。比較農糧署公佈的濕乾穀折算率及烘乾費率表顯示[12]，各地區農會的標準仍有些許差異，對濕乾穀折算比率不同，偶有糾紛產生。故應繼續探討濕穀的物理特性以增強預測能力，若能因而求得濕乾穀折算率換算公式，即可建立一套公正而客觀的濕穀收購標準，作為農民繳交濕穀時之依據。

根據相關研究指出，濕穀含水率與容重量(容積密度)的關係不大[6]，測量穀物容重之

容器影響有限，故可將濕穀含水率、容重量分別視為一獨立的依據(變數) [2、7、8]。又日本曾為因應稻穀產量評估工作之需要而研發穀物收穫量測定器(cropton)，其應用原理乃以容積重來表達穀粒充實狀況。另在經收濕稻穀品質規範中，容重量為本來在濕穀收購作業時會進行量測的工作，故將容重量納入濕乾穀折算率的依據之後，亦不會影響農會濕穀收購的作業量及複雜度[4、11]。

為瞭解濕乾穀折算率與容重量之關聯性，本實驗擬探討含水率及容重量對濕乾穀折算率的影響，並分析合理客觀的濕乾穀折算率的換算方式，以做為未來訂定濕乾穀折算率之參考，以提高濕穀收購的公信力及減少糾紛發生，同時能保障濕穀收購單位及農民雙方面的權益，並且有助於鼓勵農民積極完善管理稻作，用心耕種出良好品質的稻米，提升面對進口稻米之競爭力。

二、研究內容與方法

(一)濕穀樣本取得：

至南、高、屏等地區有收購公糧之農會，當地之農民繳交濕穀並進行濕穀取樣，主要以台南 11 號之水稻品種為主，取樣回屏東科技大學進行分析。

取樣工作項目及實施方法：

1. 建立一致取樣流程及樣本收集及濕穀容重量量測方法：

確定容積重量測方法與標準，與濕穀收購業者及相關專家學者討論確定容積重量測試設備，並建立一套取樣之作業流程之標準(如下圖 1)

2. 至公糧業者乾燥中心取樣之標準作業流程說明：

- (1) 取樣：針對每一繳交稻穀之農民，經田間收割後利用運輸車輛送至農會乾燥中心，車輛到指定點進行傾倒，當車上濕穀卸至

半途時，以容器裝盛，容器容量至少可裝濕穀 1.5Kg 重之大小，如下圖 2 所示。

- (2) 含水率測量：將裝盛之容器內之濕穀以農會單粒水份計進行量測，測量 3 次取平均值並做紀錄。
- (3) 容重量測量：將裝盛之容器內之濕穀以目前所使用之標準公升斗進行打斗作業，測量 3 次取平均值並做紀錄。
- (4) 裝袋：將打斗用的濕穀與容器內剩下之濕穀一併裝入密封袋內，進行秤重及標示重量(重量 1 公斤以上)。
- (5) 封存：將密封袋取回屏東科技大學之工廠進行後續試驗與分析。

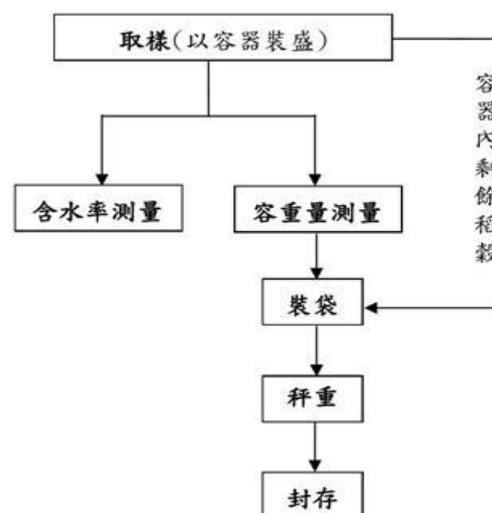


圖 1 取樣之標準作業流程



圖 2 濕穀取樣狀況

3. 樣本收集與取得方式：於水稻二期收穫時期，針對南、高、屏地區代表性收購公糧之農會，至繳交濕穀現場進行取樣及收集處理，取樣地點(如下表 1)所示。樣本主要品種為台南 11 號，共取得濕穀樣本數為 209 個。

表 1 第二期作各地區取得之樣本

樣本來源		樣本數	樣本小計
台南地區	後壁區農會	37	86
	新聯豐碾米廠	20	
	六甲區農會	29	
高雄地區	美濃區農會	26	44
	杉林區農會	18	
屏東地區	屏東市農會	38	89
	崁頂鄉農會	18	
	萬丹鄉農會	23	
實驗樣本總計			209

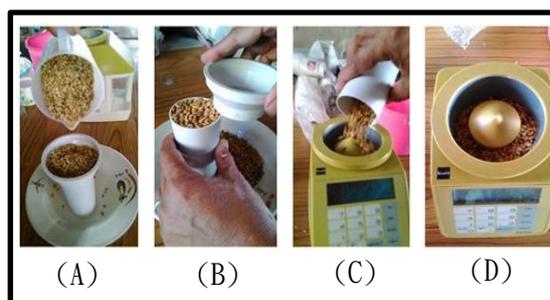


圖 4 電子式打鬥器測量容重之流程(A)~(D)



圖 5 自動打鬥器測量容重之流程(1)~(5)

4. 其他紀錄：

濕穀收購現場取樣時，瞭解該乾燥中心人員如何進行取樣作業，並記錄公糧業者樣本取樣方式，在不影響乾燥中心作業之其況下，紀錄農會取樣及容重量測定方式，目前各地區公糧業者之打鬥方式包含下列幾種方式：標準公升斗(圖 3)、電子式打鬥器(圖 4)、自動打鬥器(圖 5)、自製式及其他打鬥器測(圖 6)，南,高,屏地區乾燥中心濕穀取樣測量含水率及容重量之情況如下表 2:

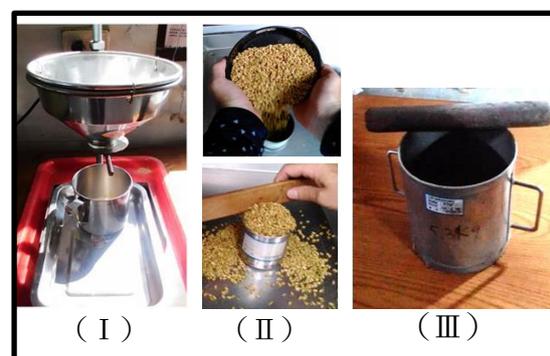


圖 6 自製式及其他打鬥器測容重量



圖 3 標準公升斗測容重量之狀況



圖 7 室外風乾情況

表 2 各地區濕穀取樣測量含水率及容重量之情況

各地濕穀取樣		現場濕穀處理情況			農會取(抽)樣測含水率方式			打鬥狀況			打鬥方式				
		取樣管	表面撥開	洩鼓至一半	全部測量	非全部測量	無打鬥	標準公升斗	電子式打鬥器	自動打鬥器	十公升打鬥器	自製打鬥器			
台南地區	後壁區農會		●			●		●							
	新聯豐碾米廠	●				●		●							
	六甲區農會	●			●			●							
高雄地區	美濃區農會		●		●			●							
	杉林區農會			●		●						●			
屏東地區	屏東市農會			●		●							●		
	崁頂鄉農會		●				●						●		
	萬丹鄉農會		●				●						●		

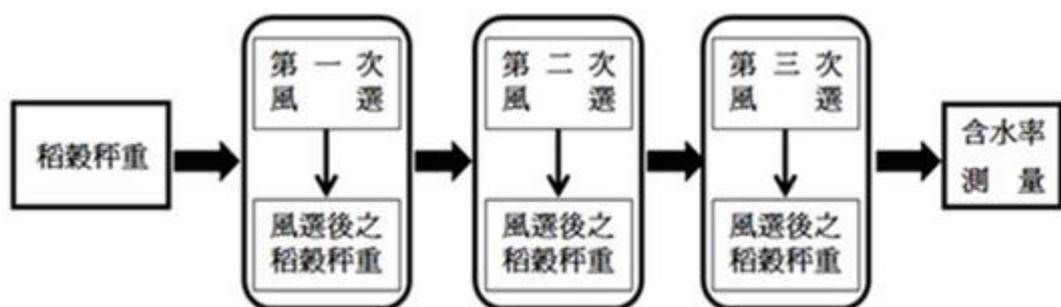


圖 8 濕穀去雜流程

(二) 濕穀樣本處理：

1. 濕穀送達屏東科技大學之工廠進行含水率量測、容重量量測等處理，處理後的稻穀以網袋裝盛懸吊，白天置於室外風乾(如圖 7)，夜晚收入室內，風乾至含水率 13~15%
2. 去雜試驗：乾燥後之稻穀利用風選機進行去雜作業，將稻穀倒入風選機上方之 4 mesh 篩網上，調整風選機之出口風速為 3(m/s)，此風速不會將完整含有米粒之稻穀吹選出，整個去雜流程(如上圖 8 所示)，實驗方式為每次風選完進行成品秤重(如下圖 9)，並以標準公升斗測量風選後之容重量(如下圖 10)，整個流程共進行 3 次風選，每次風選後測量容重量，並將測到值進行分析換算成品率。

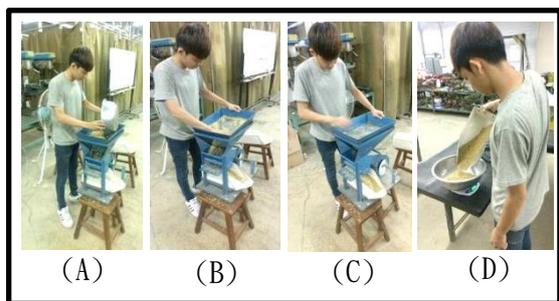


圖 9 濕穀風選之流程(A)~(D)

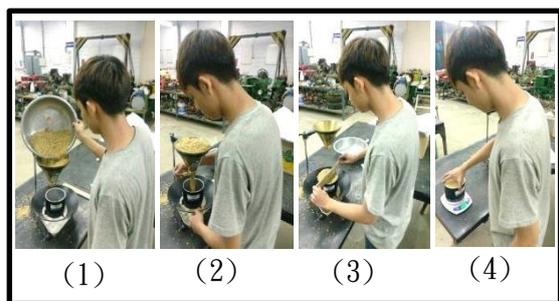


圖 10 風選後容重量測量之流程(1)~(4)

三、結果與討論

第二期稻作測量濕穀成品率(以下簡稱成品率)作為稻米品質量化標準，在進行成品率探討時，須進行去雜作業，成品率之大小與去雜程度有關，因此亦進行探討不同(多次)去雜程度對成品率影響。本實驗探討與濕穀容重量、含水率、去雜率之間的相互關係，並以濕穀取得樣本之含水率比較現有折算率表，探討試驗所得成品率與目前各公糧收購單位使用折算率之間的差異。

1. 樣本成品率與折算率之分析：

南、高、屏地區各地代表性公糧業者，樣本至公糧業者之乾燥中心取樣及處理，所收集之樣本以台南 11 號品種為主進行分析，取得之樣進行計算其成品率，並與取得之濕穀樣本之含水率對應農糧署公佈之折算率進行比較。

$$\text{成品率}(\%) = 100 \times \frac{\text{乾淨穀物重量(含水率(13\%))}}{\text{濕穀重量}}$$

下圖 11 為南、高、屏地區所取得各樣本之含水率與成品率之分佈範圍，藍色線為濕穀含水率對應目前南、高、屏地區各縣市農糧署所公佈折算率之平均，若稻穀成品率在折算率值(藍線)上方代表收購單位低估實際成品率，反之則亦然，惟目前

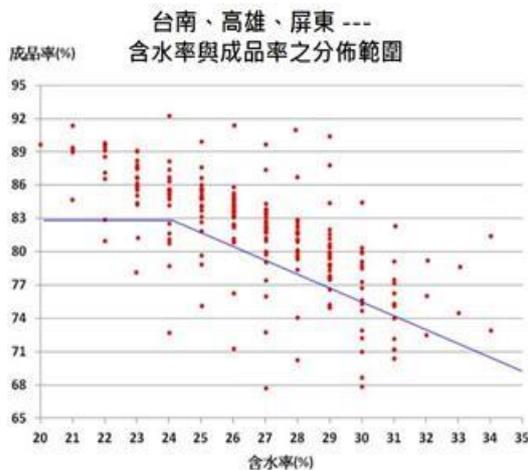


圖 11 南部地區稻穀之含水率對應折算率與成品率之分佈

濕穀各種含水率對應成品率所分佈太廣與零散，各含水率之轉換成成品率至少分佈範圍有 10% 左右，而下圖 12 為稻穀折算率與成品率之分佈狀況，實驗結果之成品率高於折算率，而濕穀去除雜質後，成品率分佈會往濕乾穀折算率的值靠攏。

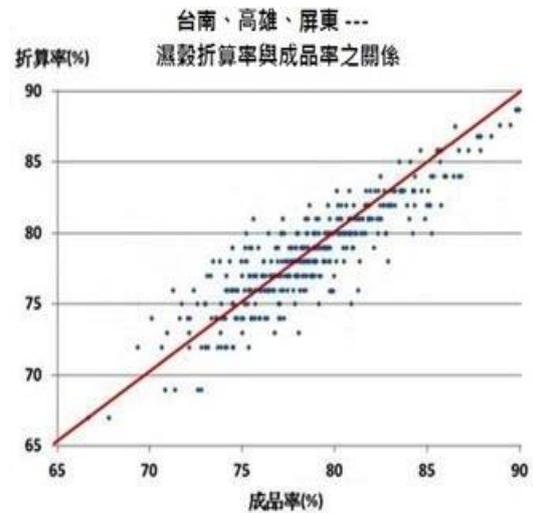


圖 12 南部地區稻穀折算率與成品率之分佈狀況

2. 樣本含水率對應容重量及成品率之分析：

南、高、屏地區所取得濕穀樣本之含水率與成品率之相關性呈現中度相關(R^2 為 0.61)，接近高度相關性，而含水率越低，其成品率越高，反之亦然，呈現負相關之現象(如下圖 13 所示)，圖中濕穀樣本取得含水率及容重量分佈平均，但高含水率(30%)以上較少，因二期稻作受天氣之影響，稻穀品質較差，因此有取得較低的含水率。而容重量因在進行打斗作業測量時，雜質影響所測得容重量值(如下圖 14 所示)，而雜質量與作物性狀及操作有關，包含作物本身成長性狀、收穫機老舊、收割操作方式(如速度、濾網)、稻穀收割時間...等，因此將濕穀經乾燥後進行去雜作業時，探討其影響結果。

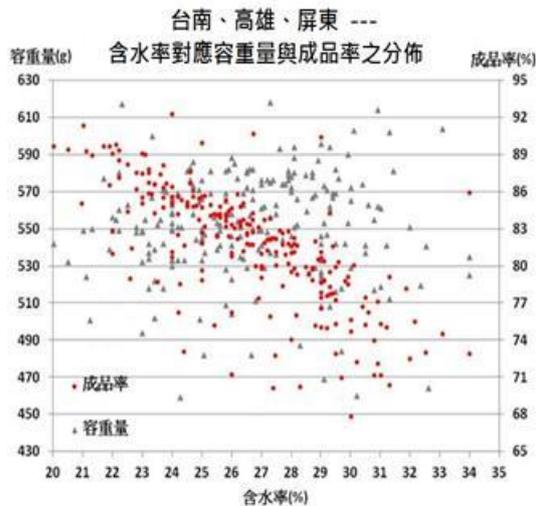


圖 13 南部地區稻穀之含水率對應容重量與成品率之分佈

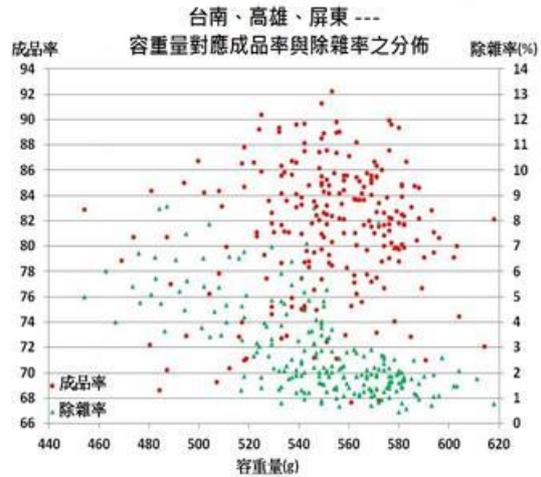


圖 15 南部地區稻穀容重量之對應成品率與除雜率之分佈



圖 14 雜質影響容重量測量之狀況

3. 樣本容重量對應成品率與除雜率之分析：

所取得之濕穀容重量測量與實驗最終換算得之成品率進行分析(如下圖 15 所示)，其結果顯示容重量與濕穀成品率之相關性呈現無相關(R^2 為 0.0035)，但容重量 540(g) 以下亦有許多熟成稻穀，因此將稻穀進行除雜實驗，其除雜率與容重量分析呈現中度相關(R^2 為 0.33)且亦為負相關(下圖 15 所示)，容重量越低，去雜率越高，反之亦然，因此容重量可作為判定成品率之初步參考依據，而去雜作業可做為判定濕穀成品率大小因子之一。

4. 樣本含水率與除雜率之分析：

綜上所述，影響濕乾穀折算率大小因子主要為含水率，次要因子為稻穀去雜率，而將取得的濕穀含水率與經去雜作業後算算所得之去雜率，其關係如下圖 16 所示，兩者之間接近無相關(R^2 為 0.029)，因此含水率與去雜率可視為二個獨立變數。

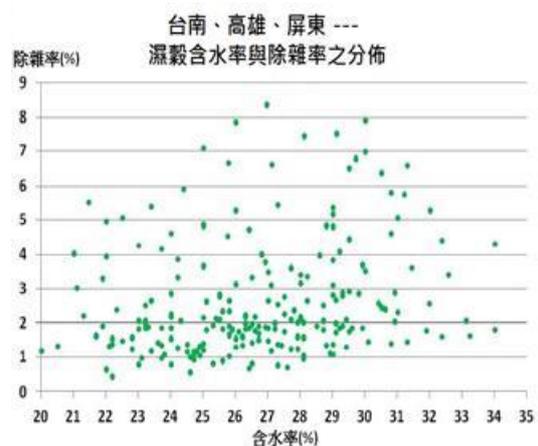


圖 16 濕穀含水率與除雜率之分佈

5. 成品率與各項因子迴歸：

針對濕穀去雜後之成品率與各項因子進行迴歸分析，而分析因子之變數包含含水率(W)、容重量(B)及去雜率(F)，而去雜

程度可能影響去雜率與成品率之結果，因此利用風選機進行去雜作業時(一至三次風選)，探討每次風選後之結果對各項變數

之關係，其包含單變數及多變數之分析，結果如下表 3 所示。

表 3 南半部地區稻穀之成品率與各項變數迴歸

台灣南部地區(台南、高雄、屏東)				
成品率與各項因子迴歸		迴歸方程式	R 平方	RMSE
一次 風選	含水率(W)	$Y=-1.07W+106.37$	0.61	2.17
	容重量(B)	$Y=-0.0032B+78.31$	0.0021	3.26
	去雜率(F)	$Y=-1.14F+79.44$	0.28	3.04
	含水率(W)、容重量(B)	$Y=-1.16W+0.04B+84.52$	0.68	2.01
	含水率(W)、容重量(B)、去雜率(F)	$Y=-1.19W+0.003B-1.16F+109.75$	0.74	1.68
	含水率(W)、去雜率(F)	$Y=-1.19W-1.21F+110.28$	0.74	1.68
二次 風選	含水率(W)	$Y=-1.11W+104.93$	0.55	2.48
	容重量(B)	$Y=0.0028B+71.67$	0.0017	3.52
	去雜率(F)	$Y=-1.11F+79.35$	0.29	3.04
	含水率(W)、容重量(B)	$Y=-1.47W+0.048B+93.58$	0.65	2.01
	含水率(W)、容重量(B)、去雜率(F)	$Y=-1.17W+0.0004B-1.19F+109.76$	0.77	1.66
	含水率(W)、去雜率(F)	$Y=-1.17W-1.2F+110.19$	0.77	1.66
三次 風選	含水率(W)	$Y=-1.11W+106.73$	0.53	2.59
	容重量(B)	$Y=0.0062B+67.67$	0.0035	3.66
	去雜率(F)	$Y=-1.09F+79.26$	0.33	2.89
	含水率(W)、容重量(B)	$Y=-1.49W+0.046B+90.07$	0.65	2.67
	含水率(W)、容重量(B)、去雜率(F)	$Y=-1.15W-0.0001B-1.12F+106.79$	0.78	1.66
	含水率(W)、去雜率(F)	$Y=-1.15W-1.12F+109.62$	0.78	1.66

探討其他因子之間對成品率之關係，以 R^2 及 Root Mean Square Error(RMSE)作為模式性能關係之參考。以單變數分析，上表 3 之結果顯示，無論進行幾次風選除雜作業，最具有影響因子為含水率，其結果接近高度相關，可對應目前濕穀含水率做為濕乾穀折算率方式，

而容重量不具顯著性，濕穀去雜率與成品率有中度相關，因此，以多變數進行分析，無論進行幾次風選除雜作業，含水率、容重量及去雜率三因子組成之迴歸對成品率具高度關係，迴歸之變異量(R^2)亦為最高，若缺少容重量因子進行迴歸分析，其差異不大，因此在多變數分

析，納入去雜率這項變數進行分析對濕穀成品率有顯著影響，實驗進行三次風選去雜，其分析結果之差異性不大，因此稻穀風選去雜以一次即可。

四、結論

1. 瞭解濕乾穀折算率與容重量、含水率、除雜率之關聯性，探討含水率及容重量、除雜率對濕乾穀折算率的影響，分析合理客觀的濕乾穀折算率的換算方式。以多變數預估濕乾穀折算率之線性關係式，可使判定係數較原先僅用濕穀含水率之單一變數之線性關係皆提高，使濕乾穀折算轉換合理化。
2. 以單一參數而言，以含水率與成品率的相關係為最高(R^2 為 0.61)，其次是除雜率，(R^2 最高為 0.33)，因濕穀夾雜率不一的強力干擾之下，在第三次風選後，除雜率與成品率的相關係為最高；而濕穀容重量與成品率的關係不明顯；而去雜率與成品率呈中度(負)相關，可作為判定成品率之初步參考依據。
3. 以多變數預估濕乾穀折算率之線性關係式，使判定係數較使用單一變數之線性關係提高很多
4. 以迴歸分析求得的折算率換算公式中，含水率及容重量雙因子迴歸之變異(R^2)較僅以單一含水率之相關係數 0.53-0.61 提高至 0.69-0.73，僅略微提高，此與容重量與成品率因夾雜率不一的強力干擾而造成關係不明顯有關。
5. 以含水率及去雜率為變數的二參數換算公式，其相關係數提高至 0.74-0.78，呈高度相關。故建議濕穀收購時可加入去雜率做為折算率的換算公式，可使濕乾穀折算率更為合理化，較原本使用含水率為唯一依據時更為客觀。

6. 為了避免增加農會的濕穀經收作業的負擔，建議採用一次風選去雜即可，並建議能開發濕穀自動去雜率、含水率量測及自動換算濕乾穀成品率的儀器設備，可較符合實務作業，並進一步降低農會工作量。

五、致謝

蒙誠行政院農業委員會研究計畫之支持，及相關取樣單位配合和老師的協助，亦感謝專題老師陳韋誠之幫忙與建議，促使本專題研究可順利完成與進行。

六、參考文獻

1. Lu, R., Siebenmorgen, T. J., Costello, T. A. and Fryar Jr, E. O. 1995. Effect of rice moisture content at harvest on economic return. *Applied Engineering in Agriculture*, 11(5), 685.
2. McNeill, S. G., S. A. Thompson, and M. D. Montross. 2004. Effect of Moisture Content and Broken Kernels on the Bulk Density and Packing of Corn. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(4): 475-480.
3. 鍾美麗。2008。稻米乾燥與低溫儲存調製機械之推廣成果。台灣農業機械學刊，23(1):4-7。
4. 林聖泉，陳俊明。2007。自動容重機與乾濕穀換算系統。行政院農業委員會苗栗農改場，苗栗區農業專訊，37：14-15。
5. 羅正宗、陳一心。2000。穀物收穫量測定器的推估值應用於水稻產量比較試驗之可行性探討。中華農業研究，49(3)：14-22。
6. 林俊隆，何榮祥。1999。由濕穀重量折算為乾穀淨重之轉換比率的估計。中華農學會報，185：120-138。

7. 龔紅菊，陳坤傑。2003。稻穀容重與水分的關係。糧食與飼料工業，09-19
8. 朱培仁，林江龍，曹哲綸，謝清祿。2012。連續型稻穀容重儀與慣用型容重器的性能比較研究。農機與生機論文研討會論文。
9. 李允中，黃振康，吳柏青，林連雄。2012。高水分稻穀預乾燥技術與設備研發。行政院農業委員會農糧署。
10. 蔡錦銘，馮丁樹，王岱淇。2004。以濕穀容積重量預測乾穀成品率之探討。國立台灣大學生物產業機電工程學系。
11. 收購公糧濕穀作業實施方式-行政院農業委員會。網址：
<http://law.coa.gov.tw/GLRSnewsout/inc/GetFile.ashx?FileId=10869>。
12. 公告105年第2期作公糧稻穀收購數量、價格、期限暨濕穀計價方式(農委會)。網址：
http://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=publication&id=2939&print=Y。

**The study of the conversion
rationalization mode for wet paddy to
dry paddy in Tainan, Kaohsiung and
Pingtung area**

Studene : Kun-da Lin

Professor : Wei-Cheng Chen

Department of Biomechatronics Engineering

**National Pingtung University of Science and
Technology**

Abstract

In this research, the samples for the second stage of rice get from Tainan, Kaohsiung and Pingtung area. The effects of the moisture content, bulk density and inclusion removal rate will be explore the influences of weight conversion mode for wet paddy to dry paddy. Under no extra added working load condition for the public grain operators, a reasonable and reliable operation model of conversion rate for wet paddy to dried paddy will be studied. The developed conversion rate will be an important reference for wet paddy conversion, in order to prevent the conflict and increase the mutual confidence between farmer association and farmers. The developed conversion rate can be used to maintain both benefit of farmer association and farmers, and to promote the good cooperation between them. The results show the moisture content which is a single variable conversion finished yield rate is the highest correlation (R^2 is 0.61). The second highest is inclusion removal rate. Using multi-variable which include moisture content, bulk density and inclusion removal rate estimate the linear relationship of the conversion rate for wet paddy to dry paddy, R -squared is increased than a single variable. The results showed that the inclusion removal rate was moderately correlated with bulk density. The lower bulk density relatively gets the higher inclusion removal rate. This can be used as a basis for judging finished yield rate. This two-variable analysis which is the moisture content and the inclusion removal rate have higher ability to predict.

Key word : wet paddy, inclusion removal rate, finished yield rate

藍芽遙控小型電動車測量長度的開發

學生姓名:李建勳、黃堂維

指導老師:謝清祿 副教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

由於近年來科技越來越發達，任何事情都講求效率，許多新的產品都趨向於自動化的控制，許多事情都以機械來代替，我們做自走車的目的，也是跟隨著時代的潮流，希望以後可以設計一台自走車。

現代社會中，藍芽所帶來的不只是一個更快、更遠、更安全、更方便的網路傳輸方式；更重要的，藍芽是一種共通的標準，無論是通訊、資訊、媒體等可攜式終端機，都可以使用一種語言，彼此自由溝通相互傳送寬頻訊息，打破 3C 產品之間的溝通障礙。

本研究主旨係利用藍芽模組與 Arduino 進行互傳的活動，藍芽是一種無線電應用科技，讓具有藍芽晶片的裝置可以透過無線電交換資訊，徹底擺脫線路傳輸的束縛。

本研究使用藍芽模組與 Arduino 相互溝通連接，光電感應器做測量，利用 BCB 程式透過藍芽輸出訊號至自走車上的藍芽，再由自走車上的藍芽接收訊號讓 Arduino 去判讀訊息，Arduino 內部也寫入語言，讓自走車能受到遙控，如此便可利用藍芽做互傳動作，在藍芽連接方面，利用藍芽上的 TX、RX 兩支接腳連到 Arduino 上，這兩隻腳分別代表傳送端與接收端，並同時進行監測，便可完成藍芽應用於 Arduino 的無線傳輸研究。

關鍵詞:藍芽自走車、Arduino、距離感測。

一、前言

人們在生活中追求方便及效率，人力漸漸的被機器自動化所取代。然而可以整合 Arduino 控制模組、馬達驅動電路、光電感測器、組合語言的程式和一些基本零組件互相配合而組合而成自走車。〔1〕要完成一台會跑會動的自走車，需結合電腦軟體、電子、電機及機械方面的知識與技術，亦即具備控制能力。〔2〕

自走車是一項整合電子、電機、機械等方面知識的機電整合車，一台完整的自走車涵括電源電路、感測電路、馬達電路和中央控制電路、等四大電路部分，配合電池、車身、馬達和車輪等硬體以及作為邏輯判斷的程式流程軟體，因此在製作自走車時可說是涉及了多方面的知識領域。〔3〕

自走車可以提供多樣化的應用，如日常用品的搬運、偵測…等。它可成為個人的日常生活上的好幫手。〔4〕

而自走車研究的目的是為了邁入自動化產業的同時，得以延續對於工業科技進步的研發與探索，目的是希望研發一台具有 AI 人工智慧及靈活度高的自走車。〔5〕利用 Arduino 控制模組的程式設計，加上馬達的驅動電路，及感測器的感測電路，來模擬自走車的整個系統的動作，以達到自動化的效果。因著工業界的不斷蓬勃發展，工廠生產力的大幅提高，人民的生活水準也逐步的進

入高科技的時代，而人類最為推崇的自動化機械設備，彷彿工業革命般的屢屢推陳出新，相對的高科技技術發展也就更顯出，以自動化的機械設備來代人力之必要性。此次自走車的專題報告計劃是一個較短期性的研究，所以僅能將目前不同於各環境中用於測量物體長度的自走車，使固定的路徑及簡單的運作方式，做更明確的了解，而運作將定位於高安全性、可程式化的設定、可替代人力的輸出、具有未來高發展的潛力。〔6〕然而我們做自走車其主要目的是取代人力資源，可以取代人力，在自動感測路線上，也希望被廣泛的應用在各方面上。〔7〕

近來無線通訊已成為人們日常生活中不可或缺的一種技術性服務，藍芽技術提供一種無線數據與語音通信的開放性全球規範，它以低成本的近距離無線連接為基礎，為固定與移動設備通信環境建立一個特別連接。體積小、低耗電、價格低、易於使用等消費者取向特色及可連接所有的通訊、資訊設備，使得藍芽技術成為通訊技術及應用的焦點。

現今人們量測物體都使用量尺來做測量，一般如果是量測規則物體表面的話，量尺所量測到的數值大部分誤差都不大，但如果是以圍繞不規則物體時，此時量測出來的數據就有所誤差，所以我們利用雷射的高方向性、高單色性和高亮度等特點可實現無接觸遠距離測量。雷射傳感器常用於長度、距離、振動、速度、方位等物理量的測量，還可用於探傷和大氣污染物的監測等。

遙控是指一種遠程控制技術，用來遙控機械的裝置稱為遙控器。現代的遙控器，主要是由集成電路電板和用來產生不同訊息的按鈕所組成。遙控技術在工業生產、軍事以及科研上均有著大量的應用。〔8〕

自走車在工業上具有不可或缺的地位，因為自走車的各種性能及作用皆能夠輔助工廠內的許多流程，而自走車的設計也跟工廠的需求產生互相對應，因各種工廠的要求與需求不會都一樣，這時自走車的設計就可以依照工廠的需求，設計成工廠所需要的自走車。

自走車的設計沒有想像中的簡單，舉例來說從基本移動方式就有分許多種，從履帶、簡易輪子…等等，而履帶跟簡易輪子又可在內分種類，驅動方式也有分幾種，以齒輪帶動、皮帶驅動…，裡面又可在細分材料種類，這些詳細且多樣化的內容都需要計算在內，因為這些皆會影響到自走車的行程，像是移動方式要依照需求而改變，而驅動方式會影響到所承載的能力，若不把這些考慮進去可能就會發生自走車無法承受貨物的重量。

隨著現今科技之發展，無人自走車之應用相當的普遍。舉凡自走車應用於節省人力或危險環境中，諸如：無人搬運車、工業用機器人、探險機器人。最終之目的為節省人力，避免人類身處危險環境，又能快速精確的完成任務。目前的無人自走車種類很多，諸如：感應式、超音波感測、直流馬達、步進馬達驅動、無線遙控、PC 控制……等。

近年來，機器人與相關技術的發展，在很多行業的應用被逐漸深入和拓寬，機器人設計有移動機構、傳感器和控制器來組成。工廠自動化搬運系統中最成功也是重要的商品為自動導引車，可用來協助企業進行材料、零件的運送、電子廠的零件搬運，且在各產業界也以自動化為導向，除了改善生產效率、更可降低成本。

自走車是一個具高度整合的控制系統，在控制系統中含蓋許多的次系統，

如：驅動系統、轉向控制、傳輸介面、導

航系統等，都是可值得深入探討的。以紅外線感測器是在地面依軌道…等，做固定路線行走，都是可值得深入探討的。

雷射傳感器是利用雷射技術進行測量的傳感器。它由雷射器、雷射檢測器和測量電路組成。雷射傳感器是新型測量儀表，它的優點是能實現無接觸遠距離測量，速度快，精度高，量程大，抗光、電干擾能力強等。

雷射器按工作物質可分為4種：〔9〕

1. 固體雷射器：它的工作物質是固體。常用的有紅寶石雷射器、摻釹的鈮鋁石榴石雷射器(即 YAG 雷射器)和釹玻璃雷射器等。它們的結構大致相同，特點是小而堅固、功率高，釹玻璃雷射器是目前脈衝輸出功率最高的器件，已達到數十兆瓦。

2. 氣體雷射器：它的工作物質為氣體。現已有各種氣體原子、離子、金屬蒸氣、氣體分子雷射器。常用的有二氧化碳雷射器、氦氖雷射器和一氧化碳雷射器，其形狀如普通放電管，特點是輸出穩定，單色性好，壽命長，但功率較小，轉換效率較低。

3. 液體雷射器：它又可分為螯合物雷射器、無機液體雷射器和有機染料雷射器，其中最重要的是有機染料雷射器，它的最大特點是波長連續可調。

4. 半導體雷射器：它是較年輕的一種雷射器，其中較成熟的是砷化鎵雷射器。特點是效率高、體積小、重量輕、結構簡單，適宜於在飛機、軍艦、坦克上以及步兵隨身攜帶。可製成測距儀和瞄準器。但輸出功率較小、定向性較差、受環境溫度影響較大。

雷射傳感器應用：

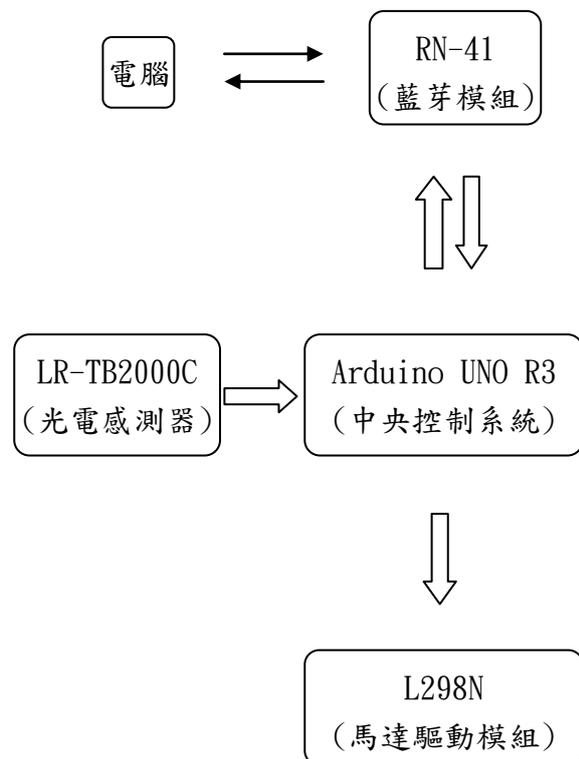
利用雷射的高方向性、高單色性和高亮度等特點可實現無接觸遠距離測量。雷射傳感器常用於長度、距離、振動、速度、方位等物理量的測量，還可用於探傷和大氣污染物的監測等。

綜合上述，本研究的主要目的為：

1. 組裝自走車及安裝光電感測器。
2. 利用藍芽遠端遙控來控制車子的進退。
3. 利用光電感測器來測量物體長度，並透過無線方式傳回。

二、材料與方法

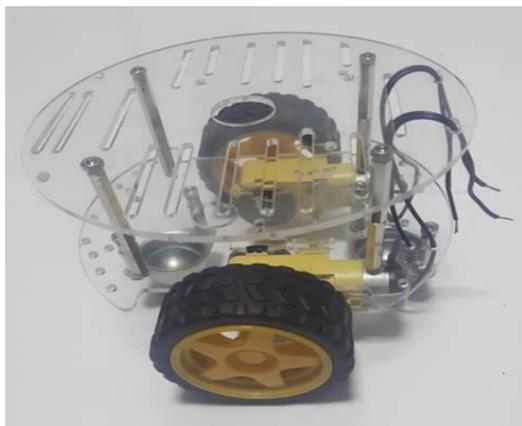
2.1 系統配置介紹



圖一、系統配置流程圖

2.1.1 材料

(1) 雙層自走車模組



圖二、雙層自走車模組

採用減速比 1:48 的直流馬達，搭配雙層的模組可以省下不少空間。

製造商:鈺瀚工作室

(2) 14500 充電電池

選用 14500 電池，主要是續航力較優，且還可充電重複使用。

尺寸:直徑 14mm、長度 50mm

電壓:3.7DCV

電容:650mAh

製造商:PRO-WATT

(3) Arduino UNO R3 開發模組

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。

支持單片機 TX/RX 端子。

支持 6 組 PWM 端子。

輸入電壓：接上 USB 時無須外部供電或外部 7V~12V DC 輸入。

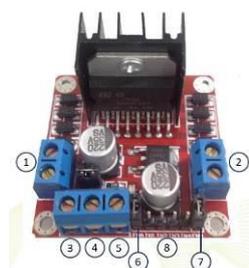
輸出電壓：5V DC 輸出和 3.3V DC 輸出 和外部電源輸入。

Arduino 大小尺寸：寬 70mm × 高 54mm。

製造商:鈺瀚工作室

用來接收藍芽發出的訊號即下達指令讓自走車動作。

(4) L298N 馬達驅動模組



圖三、L298N 馬達驅動模組

驅動芯片：L298N 雙 H 橋直流電機驅動芯片

驅動部分端子的供電範圍 V_s ：+5V~+35V；

驅動部分峰值電流 I_o ：2A

邏輯部分端子的供電範圍 V_{ss} ：+5V~+7V

(可板內取電+5V)

邏輯部分工作電流範圍:0~36mA

最大功耗：20W (溫度 $T=75^{\circ}\text{C}$ 時)

存儲溫度：-25 $^{\circ}\text{C}$ ~+130 $^{\circ}\text{C}$

我們用來驅動 1:48 直流減速馬達。

各腳位介紹如下：

①馬達 A ②馬達 B ③電源輸入 ④GND

⑤5V 輸出 ⑥ENA

⑦ENB ⑧IN1、IN2、IN3、IN4

製造商:鈺瀚工作室

(5) LR-TB2000C 光電感測器



圖四、LR-TB2000C 光電感測器

類型:纜線型

檢測距離:60 至 2000mm

反應時間:

1ms/10ms/25ms/100ms/1000ms 切換方式

電源電壓:20 至 30VDC 包含紋波(P-P)10%、
Class2 或 LPS

消耗電流:45mA 以下(負載除外)

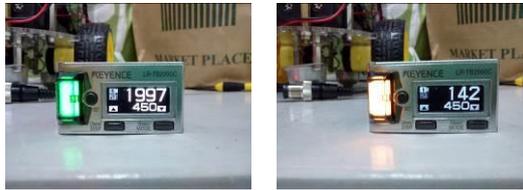
保護電路:電源逆接保護、電源突波保護、輸出
短路保護、輸出逆接保護、輸出突波保護

環境溫度:-25 至 +55°C(無凍結)

相對溼度:35 至 85%RH(無冷凝)

本次研究將感測器調整至 450mm(45cm)的感測
距離。

製造商:台灣基恩斯股份有限公司



圖五、感測器有無感測到燈號顯示

利用感測器的輸出訊號判斷有無偵測到
物體在與時間和自走車的行進速度來計算出
某物體的長度。

(6) RN-41 藍芽模組



圖六、RN-41 藍芽模組

設計直接與 Arduino 和 LilyPad 主板工作
FCC 批准的 2 類藍芽無線調製解調器

低功耗:平均 25mA

Hardy 跳頻方案,在惡劣的 RF 環境中工作

,如 WiFi, 802.11g 和 Zigbee 加密連接

頻率:2.402~2.480GHz

工作電壓:3.3VDC~6VDC

串行通信 2400~115200bps

工作溫度-40°C~+70°C

內置天線

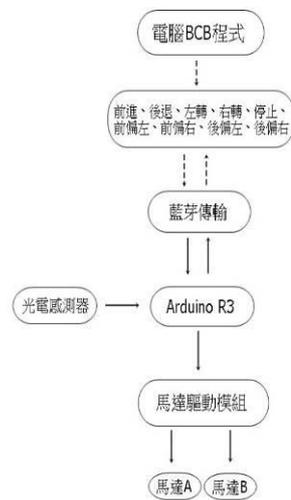
製造商:sparkfun

2.2 馬達轉速校正:

馬達驅動模組一般情況下只有四個接
腳,其中兩個是控制 A 馬達的正負端,另外兩
個則是控制 B 馬達的正負端,用來驅動 A 馬達
與 B 馬達,ENA 與 ENB 通常都是有跳線套連上
5V,輸入源的電壓 100%至輸出源。

我們將跳線套拆除後與 Arduino 的 PWM 接
腳相連,如此就可以改變輸出電壓,修正硬體
的轉速差。

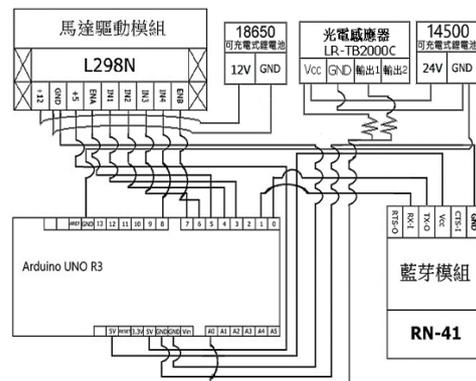
2.3 控制流程圖



圖七、控制流程圖

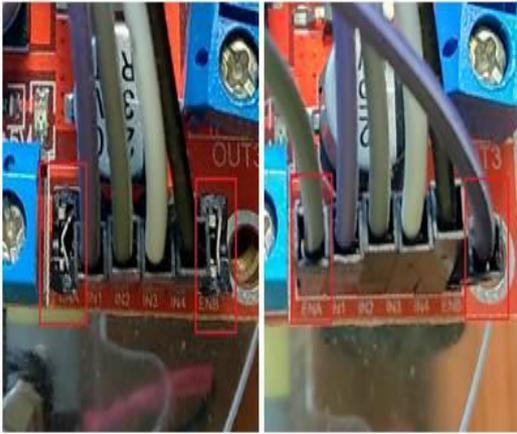
三、結果與討論

3.1 系統線路圖



圖八、系統線路圖

3.2 修正結果



圖九、L298N 馬達驅動模組校正圖

```

73 digitalWrite(negR,LOW);
74 }
75
76 void loop()
77 {
78   if(BluetoothSerial.available()) //藍芽已接收到控制碼
79   {
80     val=BluetoothSerial.read(); //讀取控制碼
81     val=val-'0'; //將字元資料轉換成數值資料
82     if(val==0) //控制碼為0
83       pause(0,0); //車輛停止
84     else if(val==1) //控制碼為1
85       forward(73,75.5); //車輛前進
86     else if(val==2) //控制碼為2
87       backward(74,73); //車輛後退
88     else if(val==3) //控制碼為3
89       right(68.5,0); //車輛右轉
90     else if(val==4) //控制碼為4
91       left(0,68.5); //車輛左轉
92     else if(val==5) //控制碼為5
93       forward(73,78); //車輛前進偏左修正
94     else if(val==6) //控制碼為6
95       forward(77,75.5); //車輛前進偏右修正
96     else if(val==7) //控制碼為7
97       backward(73,78); //車輛後退偏左修正
98     else if(val==8) //控制碼為8
99       backward(77,73); //車輛後退偏右修正

```

圖十、Arduino 輸出部分程式碼

因為馬達硬體的誤差導致自走車無法理想的直線前進與後退，而我們將馬達驅動模組上的跳線套拆除後與 Arduino 的 PWM 接腳相連後，再經由軟體改變輸出電壓，馬達轉速近乎相等，達到能行走直線的最佳效果，還可以利用調整轉速差的關係達到向左右前進或左右後退的動作。



圖十一、更換輔助輪

原輔助輪(圖左)會使自走車起步時產生偏移，所以我們改用萬向輪(圖右)來取代原輔助輪，已改善起步時的偏差。

3.3 設定



圖十二、藍芽配對圖

在電腦藍芽中找到藍芽接埠與自走車上的藍芽進行配對連接。

```

Unit1.cpp
void __fastcall TForm1::Button6Click(TObject *Sender)
{
    //傳送資料
    String Temp;
    char *SendData;
    int ln;
    unsigned long lrc,BS;
    if (hComm==0) return;
    Temp = '1';
    SendData = Temp.c_str();
    BS = Temp.Length(); //取得字串的長度
    WriteFile(hComm,SendData,BS, &lrc,NULL); //傳送
}

void __fastcall TForm1::Button7Click(TObject *Sender)
{
    //傳送資料
    String Temp;
    char *SendData;
    int ln;
    unsigned long lrc,BS;
    if (hComm==0) return;
    Temp = '2';
    SendData = Temp.c_str();
    BS = Temp.Length(); //取得字串的長度
    WriteFile(hComm,SendData,BS, &lrc,NULL); //傳送
}
    
```

圖十三、BCB 控制視窗程式碼

```

//接收指令圖
digitalWrite(ncgR,LOW);
}

void loop()
{
    if(BluetoothSerial.available()) //藍芽已接收到控制碼
    {
        val=BluetoothSerial.read(); //讀取控制碼
        val=val-'0'; //將字元資料轉換成數值資料
        if(val==0) //控制碼為0
            pause(0.0); //車輛停止
        else if(val==1) //控制碼為1
            forward(73,75.5); //車輛前進
        else if(val==2) //控制碼為2
            backward(74,73); //車輛後退
        else if(val==3) //控制碼為3
            right(68,5.0); //車輛右轉
        else if(val==4) //控制碼為4
            left(0,68.5); //車輛左轉
        else if(val==5) //控制碼為5
            forward(73,78); //車輛前進偏左修正
        else if(val==6) //控制碼為6
            forward(77,75.5); //車輛前進偏右修正
        else if(val==7) //控制碼為7
            backward(73,78); //車輛後退偏左修正
        else if(val==8) //控制碼為8
            backward(77,73); //車輛後退偏右修正
    }
}
    
```

圖十五、接收指令圖

BCB 程式輸出的字元會透過藍芽傳遞到 Arduino，Arduino 收到字元之後與程式內的字元內做判別，再來運行該字元所需要做的動作程式。



圖十四、藍芽連接圖

在 BCB 控制視窗將需要的原件按鍵設定到視窗內並與程式語言相互對應，並且在按下按鍵後會輸出一個字元，並且通訊埠設定的地方必須選取與電腦中藍芽連接埠的同一個 COM 點，才能讓自走車與電腦透過藍芽連接成功。

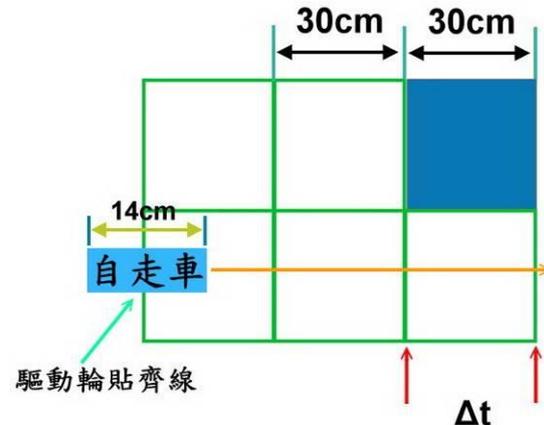
3.3.1 長度估計程式

長度估計算式：

長度=(計數器的次數×每多久時間記一次)×車輛測試速度。

其中車輛測試速度，我們先擺一個 30cm 的箱子，藉由車輛的速度測試感測器經過箱子時，所感測到時間，再把算出來的時間帶入，距離除以時間=速度:30cm / 0.5s=60cm/s，此值就為車輛測試速度的值。

車輛速度算出來之後再帶回長度估計程式的算式中，即可得到 Length=(counter×0.1)×60。



圖十六、車輛測試速度示意圖

```

94   else if(val==6) //控制為6
95     forward(77,75.5); //車輛前進右修正
96   else if(val==7) //控制為7
97     backward(73,78); //車輛後退左修正
98   else if(val==8) //控制為8
99     backward(77,73); //車輛後退右修正
100  }
101
102  int Length; //定義長度為一整数
103  analogRead(LaserReceive); //a數為雷射頭發期七輸入類AD
104  while(ac<1023) //當 a值小於1023(即5V)時
105  {
106    analogRead(LaserReceive);
107    counter++; //計數器每0.1秒計數一次
108    delay(100);
109  }
110  Length=counter*0.1*60; //長度=(計數器的次數*0.1秒)*60cm/s(速度)
111  if (Length>0) //當長度的數值大於0時
112  {
113    Serial.print(counter); //顯示出長度計算的結果值
114    Serial.print("Length:");
115    Serial.print(Length);
116    Serial.println(" cm");
117  }
118  counter=0; //arduino counter歸零
119  delay(500); //每0.5秒輸出結果一次
120 }

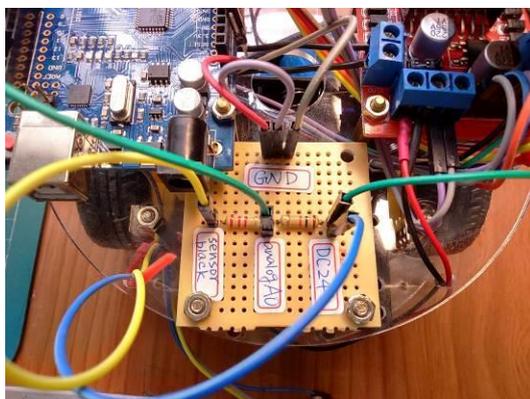
```

圖十七、計算圖

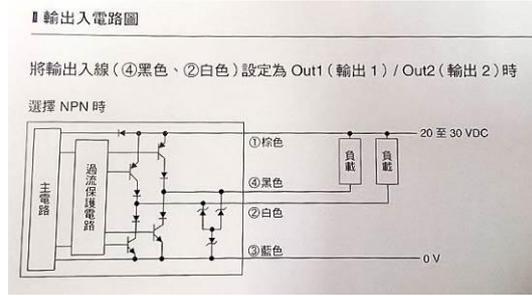
3.4 車輛實體完成圖與雷射輸入訊號處理



圖十八、實體完成圖

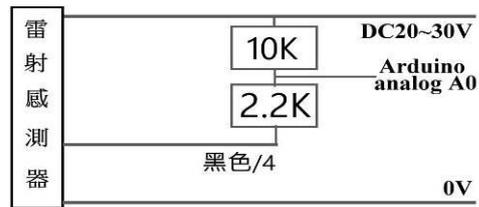


圖十九、雷射輸出(黑色/④)分壓電路



圖二十、雷射感測器輸出入電路圖

由於雷射感測器(LR-TB2000C)雷射感測器工作電壓為DC 20~30V，我們是使用獨立電源(DC 24V)與 L298N 馬達驅動器(DC 12V)不同，但量測輸出訊號(黑色/④)時電壓為DC 23V，然而 Arduino analog 輸入電壓範圍為0V~5V，而我們使用 10k 與 2.2k 進行分壓，由 2.2k 分出來的電壓做為訊號輸入。



圖二十一、感測器輸出做分壓電路

3.5 雷射實驗測試

首先我們先設定感測器能感測的範圍，避免距離設定過長避免掃描到別的物品

3.5.1 箱子長度測試



圖二十二、測量箱子的長度

隨機找了一個箱子，先測量箱子的長度，在使用藍芽遙控小型電動車的雷射測量長度，測得數據如下：

1. 箱子經由測量長度為 48.5 公分。
2. 經由小型電動車上的雷射測量 5 次數據為：
(1) 48 cm (2) 48 cm (3) 48 cm (4) 48 cm (5) 48 cm。

五次數據平均值為 48cm，再帶進誤差值的公式 $((\text{測量值}-\text{實際值})/\text{實際值})\times 100\%$ ，計算出結果為 1.03%。

四、結果與討論

這次專題研究在如何藉由雷射的特性運用在藍芽遙控小型電動車測量長度的開發上，遙控器方面使用 BCB 程式藉由按鍵裡程式的設定傳送數值至 Arduino 端，再由程式中的相對應數值去作出相對的動作輸出，但由於雙層自走車模組中的直流馬達，再用程式控制時發現無法理想的操控直線與後退的部分，所以我們藉由 Arduino 端與 BCB 端在寫出偏差修正的程式，讓自走車的直線與後退偏差能盡量接近理想狀態，在硬體上可能也要做些更動，讓車子能盡量接近理想前進或後退。

雷射掃描測試數據方面量測結果誤差值為 1.03%，在每一次的測量數據都與實際值相差 0.5cm，或許可以朝向程式方面或是硬體上做點修改，讓數據更準確。

本項技術日後可能應用在工程場合上，比如說當遇到狹窄空間無法以人力方式做測量時，此時可運用此量測技術幫助人們在狹窄空間做量測，此項技術不僅可以取代傳統過去在長度量測中多半還是以人力的方式做量測及校正，有了此技術可節省人力以及在量測上有更便利的選擇。

五、致謝

感謝指導老師謝清祿老師與實驗室的振嘉學長、昕宸學長、駿青學長，耐心的教導我們指引我們如何尋找前進的方法，適時的給予我們幫助，在製作這次專題中我們遇上很多問題與困難，導致失去信心，所幸學長總是很樂意提供幫助，提供他個人的經驗跟我們所需要的，也不時的給予建議和與我們討論問題，一步一步慢慢的解決了這一路上所面臨到的困境。

六、參考文獻

[1] 修平技術學院 尋跡自走車。網址：
<http://ir.hust.edu.tw/bitstream/310993100/2031/1/AA97014.pdf>。上網日期：
2017-04-24。

[2] 中華技術學院 無線遙控障礙自走車。網址：
<http://ee.cust.edu.tw/ee/%E5%B0%88%E9%A1%8C%E8%A3%BD%E4%BD%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A/94/pdf%E6%AA%94/%E4%BA%8C%E6%8A%80%E5%AD%90%E5%9B%9B%E7%94%B2--%E7%84%A1%E7%B7%9A%E9%81%99%E6%8E%A7%E9%9A%9C%E7%A4%99%E8%87%AA%E8%B5%B0%E8%BB%8A.pdf>。上網日期：2017-04-24。

[3] 多功能自走車之研究。網址：
http://info.taivs.tp.edu.tw/topic/upload/102/102_c04.pdf。上網日期：2017-04-25。

[4] 修平技術學院 尋跡自走車。網址：
<http://ir.hust.edu.tw/bitstream/310993100/2031/1/AA97014.pdf>。上網日期：
2017-04-25。

[5] 台南科技大學 尋跡自走車。網址：
http://eshare.stust.edu.tw/EshareFile/2012_11/2012_11_25100116.docx。上網日期：
 2017-04-26。

[6] 東南科技大學 自走車。網址：
<http://www.tnu.edu.tw/ee/upimages/file/Std-102/3001/%E9%9B%BB%E5%AD%90%E4%B8%89%E4%B8%99%E5%A4%A7%E5%B0%88%E9%A1%8C-1.doc>。上網日期：2017-04-26。

[7] 自走車。網址：
<http://eshare.stust.edu.tw/View/73216>。
 上網日期：2017-04-29。

[8] 遙控。網址：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%81%99%E6%8E%A7>。上網日期：2017-04-29。

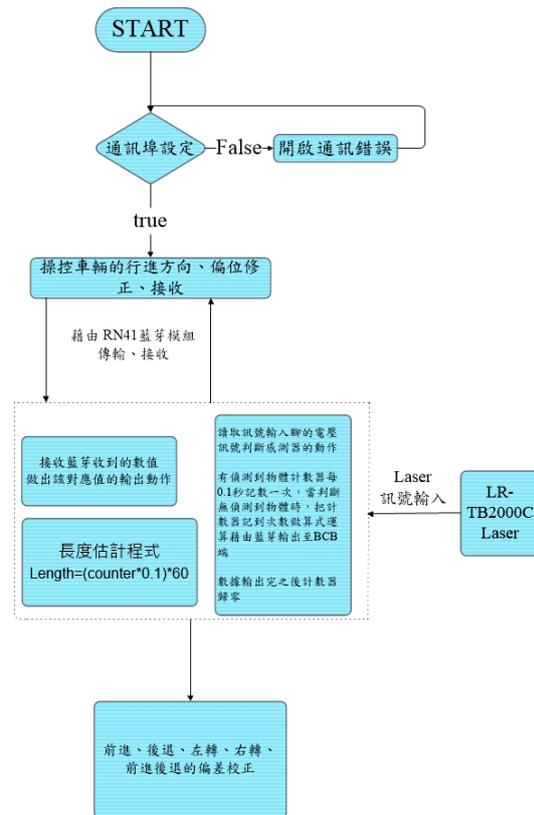
[9] 雷射傳感器原理及應用概述。網址：
<https://read01.com/gkLm30.html>。上網日期：
 2017-04-29。

[10] 楊明豐，2016，Arduino 自走車打造最佳入門輪型機器人與應用輕鬆學，碁峰出版社，臺北市，第 6-2-6-30 頁。

[11] 孫駿榮、吳明展、盧聰勇，2010，最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手，碁峰出版社，臺北市。

[12] Martin Evans、Joshua Noble、Jordan Hochenbaum 著、王冠勛，2014，Arduino 完全實戰手冊，博碩出版社，新北市。

附錄



圖二十三、程式流程圖

Development of Motor Car with Bluetooth Remote Control for Length measurement

Advisor: Ching-Lu Hsieh

Students: Jian Shiun Li、Huang Tang Wei

Department of Biomechatronics Engineering
 National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

As technology has become more and more developed in recent years, everything is more efficient, and many things are to replace the mechanical. Meanwhile, Bluetooth is not just a faster, farther, safer, more convenient way to communicate;

more importantly, Bluetooth is a common standard in communication, information, and media. Portable terminals, can use a language, free communication with each other to send broadband messages, to break the barriers between communication between 3C products. The purpose of this study is to use Bluetooth modules and Arduino that exchanges activities. Bluetooth is a radio application technology, so that the device with a Bluetooth chip can be exchanged through the radio information, completely out of line deployment. A photoelectric sensor was also used here to measure the length of objects. A BCB program was used to work with Bluetooth signal and to interpret the message.

自動化地下自行車停放系統

學生姓名：曾淮生、黃柏勛

指導老師：蔡循恒 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

為改善自行車停放問題，本專題設計與製作一套自動化地下自行車停放系統。利用 Arduino 與藍芽模組與手機進行短距離傳輸，並結合 QR code 的使用簡化介面操作。讓使用者可透過手機應用程式，以 QR code 的掃描進行車輛的停放及取出。本專題藉由程式的撰寫使系統能自動執行車輛辨識與車位判別，令系統根據判別的車位執行，完成車輛的停放及取出。

關鍵字：

自動控制, 手機應用程式, 停車系統

一、引言

隨著環境友善的意識提升，各地方政府因應趨勢而鼓勵人們搭乘大眾交通工具，另在人口較密集區域，配合大眾運輸的交通樞紐，設置公共自行車租借站，使用人數的逐漸上升，車位的需求量與所需空間也持續增加。因此衍生出一些問題，像是公園人行道、捷運站出入口及學校走道，原本空曠的道路開始漸漸改成自行車租借站。雖然自行車租借站迅速拓展為我們的生活帶來便利，卻也壓縮了我們生活的空間。為了讓空間能更有效的利用，藉由自動化地下自行車停放系統，取代目前台灣道路旁的自行車租借站，這套系統使平面上的硬體設施縮簡，藉由地下化的設置容納多輛自行車，讓自行車租借站不再壓縮道路且能容納更多的自行車，解決使用人數不斷上升面臨的車位不足的現象。希望製作本次專題能改善自行車的停放問題，使道路的空間更加舒適。

二、研究內容與方法

2.1 設備介紹：

因本專題為自動化地下自行車停放系統，為了實現：智能尋找、操作方便，將以理念模型表達對此專題的概念，下文列舉出本專題中所需求之軟體與硬體的功能元件及簡介。

2.1.1 控制設備

(1)Arduino uno

Arduino uno 其優點為：價格低廉。可跨平台操作，Arduino 可以在 Windows、Mac、OSX 和 Linux 平台上運行。操作方便，可使用 C 語言、組合語言和 JAVA 來書寫程式，擁有 14 支數位 I/O 輸出與輸入接腳以及 6 個模擬輸出與輸入的接腳，能夠讀取為數眾多的開關、感測器等元件的訊號，且可加裝擴展板，大大的提升應用版面。



圖 1. Arduino uno^[7]

(2)isPLC

專題製作初期，以 isPLC 為控制設備進行控制，其目的是希望以 PLC 做為未來的控制設備，使系統能承受地下的環境且仍保有其穩定性，因此選用價格較低廉的 isPLC 進行控制。然而在專題製作過程中發現本次專題所需的控制接點較多，無法利用

isPLC 完成，因此在後半部的製作中改用 Arduino uno 作為控制設備。



圖 2. isPLC^[8]

(3)HC-05 藍芽模組

本專題採用 HC-05 藍芽模組來負責手機接收與傳訊的控制設備，HC-05 採用 CSR 晶片，屬於全球占市率最高的藍芽通訊晶片，HC-05 可透過 AT(AT-command)指令修改藍芽模組的資料傳送率，增加手機的連線穩定性。



圖 3. HC-05 藍芽模組^[9]

2.1.2 致動設備

(1)DC 3V-6V 塑膠直流減速馬達

本專題系以理念模型表達自動化停車場，為此，我們升降與旋轉動力皆以 DC 直流減速馬達作為動力來源。



圖 4. DC 直流減速馬達^[10]

(2)L293D

一般在控制直流馬達時，若只是單一方向轉動，只需控制其電壓正負極的接腳，但本專題以 Arduino uno 程式中控制直流馬達正反轉，需在電

路運作中將直流馬達電壓轉向，因此需使用到 L293D 此 IC 元件。



圖 5. L293D^[11]

表 1. 其他材料

材料	備註
微動開關	4 個
按鈕開關	3 個
壓克力筒	(直徑 24cm*高 50cm 厚 0.5mm) 1 個
軸承	直徑 22mm 2 個

2.2 硬體安裝

為了能夠更精準地控制將硬體的製作分為三階段，分別為以下三個階段：

2.2.1 第一階段：

製作機構使直流馬達帶動升降及旋轉，分別用螺旋機構及皮帶傳動機構進行。



圖 6. 升降機構製作

2.2.2 第二階段：

機構安裝及配置線路，以 isPLC 進行軟體測試，確認機構作動正常同時校正感測器位置。

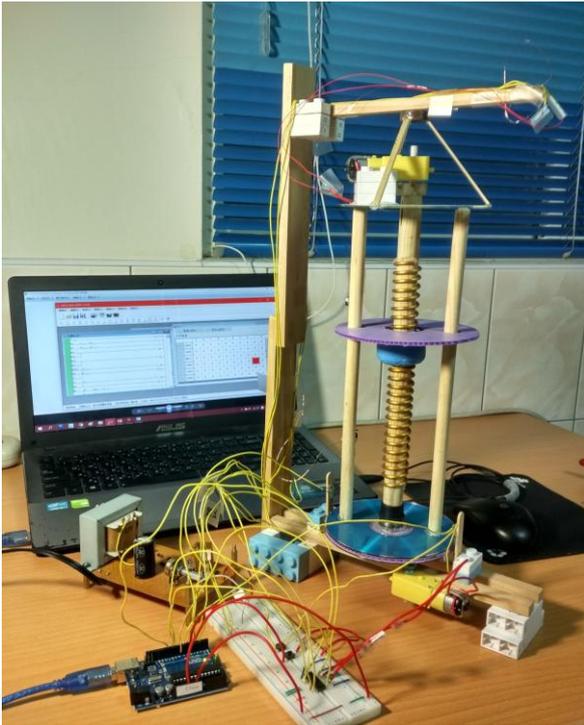


圖 7. 初步測試

2.2.3 第三階段：

為了使本系統更完善，而朝兩方面著手。其一是增加結構強度，以壓克力筒支撐作動主軸，可使系統作動時震動造成的影響降低。其二是控制器的更換，將 isPLC 改為 Arduino 做為系統的控制設備，此目的在於 Arduino 能夠提供更多的接點使系統可以結合藍牙模組與手機進行操作，符合未來趨勢。再者 Arduino 的程式語法能更精簡的實現車位判斷及分析。

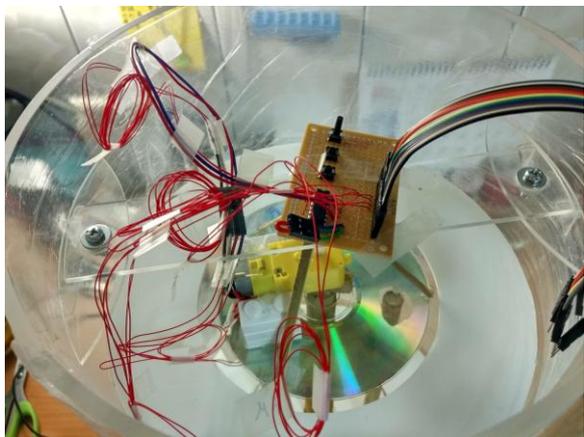


圖 8. 固定座製作完成



圖 9. 系統完體圖

2.3 系統規劃

系統根據軟體的設計可分為自動辨別的控制部分與使用者操作介面部分。

2.3.1 控制端與電路

當系統接收到指令後，自動尋找相對應之車位，自動判別完成時 Arduino 傳輸訊號，透過 L293D 執行馬達正反轉使機構升降與順逆轉，再以四顆極限開關分別控制垂直作動的上下極限以及旋轉作動的左右極限，讓機構往該車位移動。

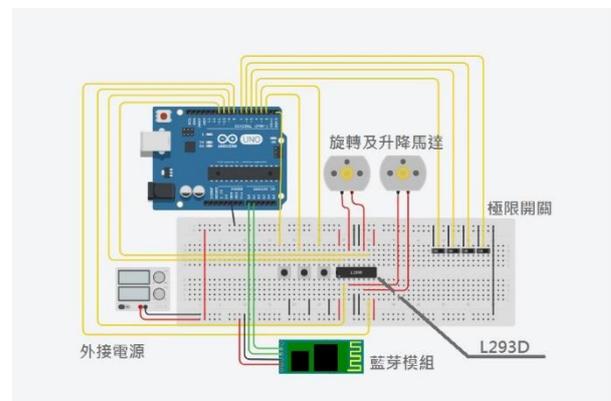


圖 10. 電路圖

2.3.2 操作介面

操作介面係以 MIT APP Inventor 2 製作手機 APP，再透過 HC-05 藍芽模組與手機傳輸資料。

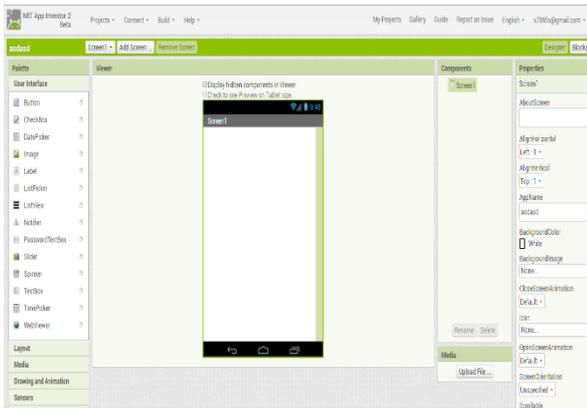


圖 11. MIT APP Inventor 2



圖 13. 介面操作

2.4 操作流程

本系統將由使用者以手機 APP 進行操作。首先開啟本系統之應用程式，按下 Scan 鈕後用手機掃描 QR code，而系統將使用 QR code 中的代碼自動執行車輛辨識並以該代碼與系統中的車位資訊進行車位判斷。而車位判斷分為停車及取車兩部分，停車時系統將逐一分析空車位位置，將該車車號寫入車位，接著執行停車動作；取車時系統將比對與車號相符之車位進行取車動作並且將該車位設為空車位。

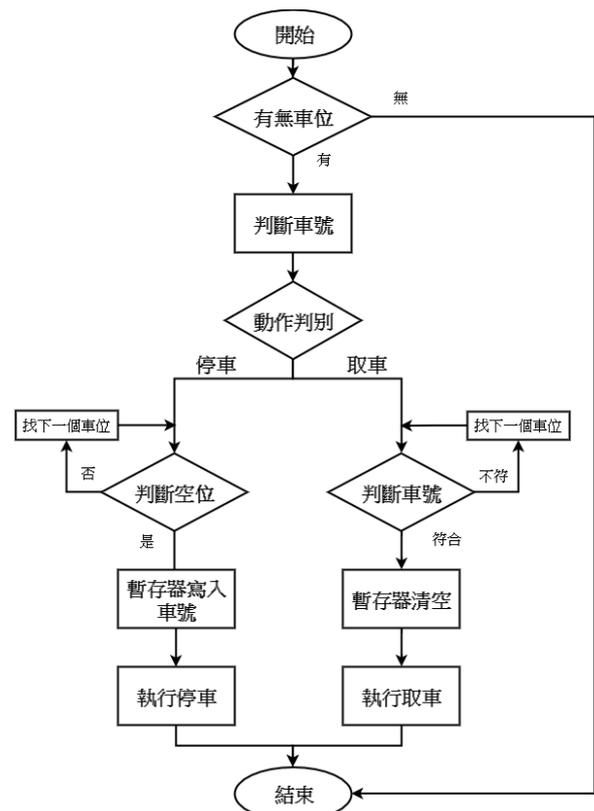


圖 14. 系統流程圖

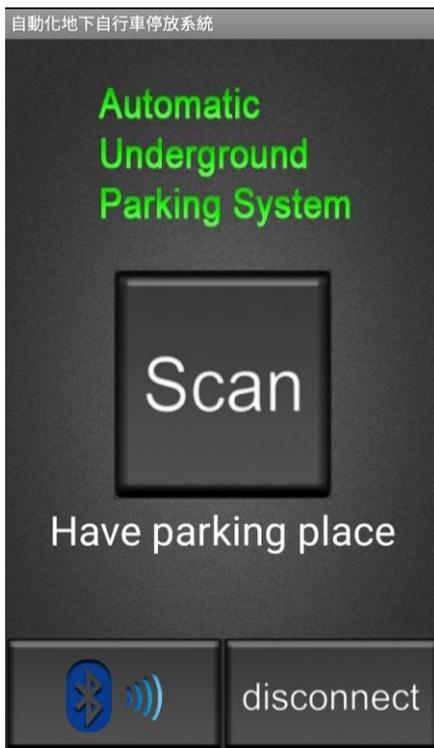


圖 12. APP 介面

2.5 軟體繪製

為了能更清楚表達理念模型概念，我們選擇 SolidWorks 2013 來表達對本專題的設計概念，而繪製理念模型則大致分為三大階段，分別為以下三階段：

2.5.1 零件繪製

(1)我們以直徑 12cm 厚度 5mm 圓盤作為頂部與底部轉盤，中間貫通 3cm 的圓柱，兩側則以不貫通長寬皆為 1cm 的方柱作為輔助支架。

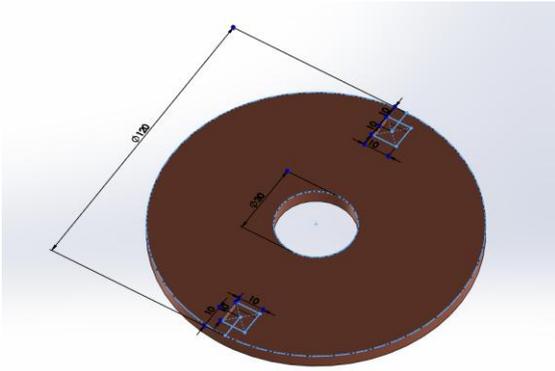


圖 15. 頂部與底部旋轉圓盤

(2)以 12cm 圓盤貫通其中間圓柱與方柱部分，作為停車塔運送台，並挖出間隔 6mm、長 41.15mm*寬 2mm*深度 2mm 的滑軌溝以便放置後面繪製的滑軌推送機構。

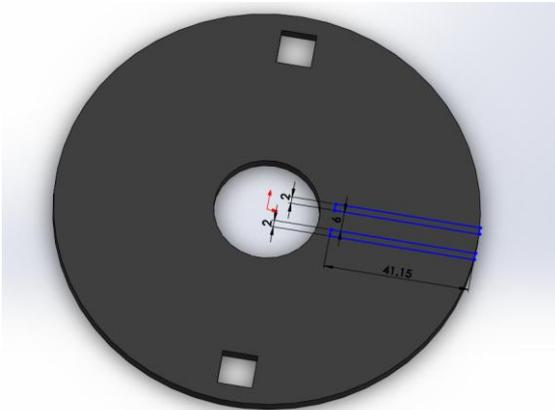


圖 16. 停車塔運送台

(3)再來以直徑 19cm 圓筒，中間挖出直徑 12cm 以便放入旋轉底盤，中層有 1.75cm 的隔板，作為模擬停車場車位隔區之用。

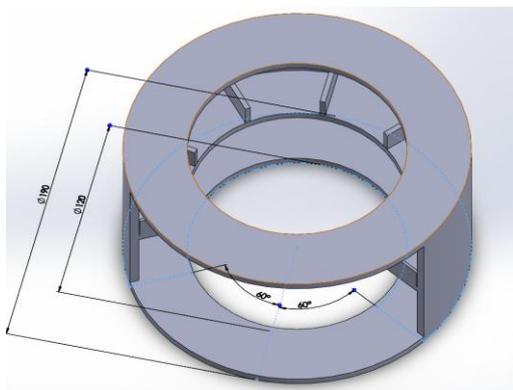


圖 17. 停車塔本體結構

(4)最後則是推送機構所需的推送裝置，總長 3.5cm 下方 2*2mm 滑塊式機構做為模擬推送機構的推送裝置，推送裝置前設有碰撞感測器。

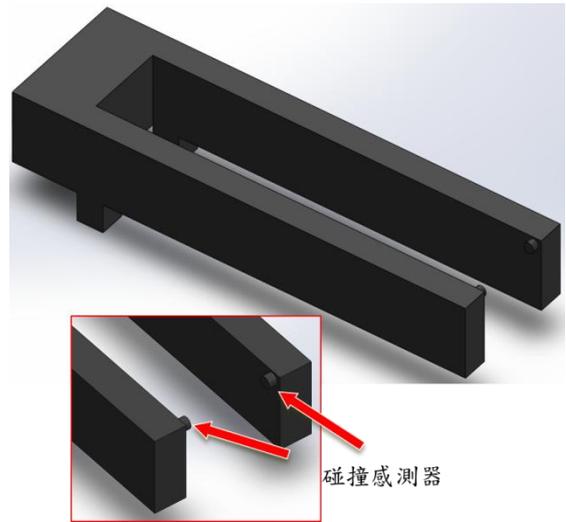


圖 18. 推送裝置

2.5.2 零件組合

(1)依序將旋轉底盤>方柱>圓柱>運送台>旋轉頂部組，並套上停車塔結構。

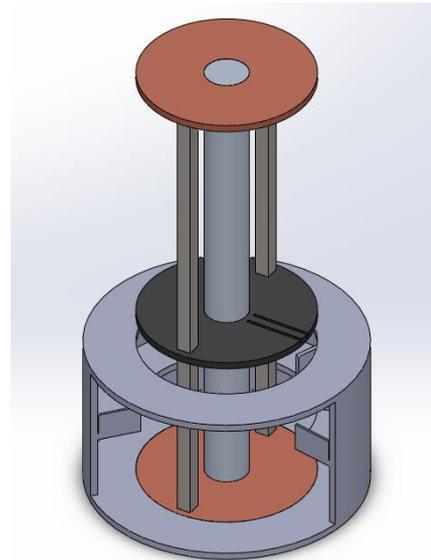


圖 19. 組合圖(1)

(2)最終套上停車塔結構樑，並在運送台上安裝推送機構，將中層切出扇形，以方便觀察最後完成所有零件組合。

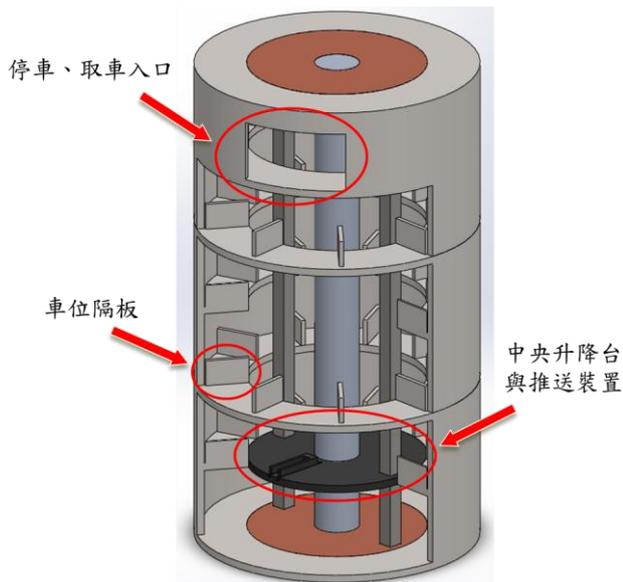


圖 20. 完成圖

2.5.3 動畫製作

SolidWorks2013 的動畫製作，將組合好的模組件利用下方功能列表[動畫製作]拉取時間條，點選[自動關鍵話格]，並拉取適當零件給予做動，做動完成後即可影像輸出 AVI 等影片模式。

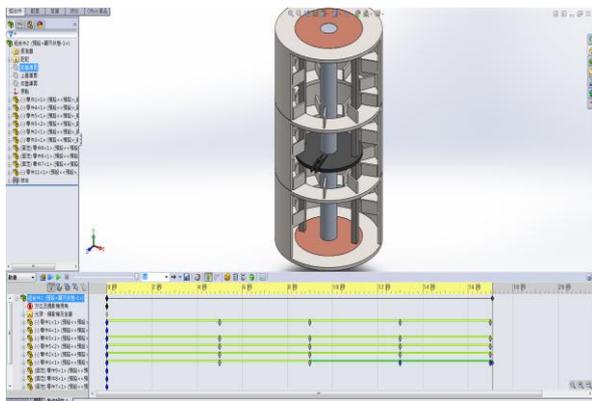


圖 21. 動畫製作視窗

三、結果與討論

在初期製作中，使用 isPLC 進行控制時因其接點不足且判斷車位的程式部分書寫攏長。因此改為 Arduino uno 做為系統控制器，Arduino uno 有 20 個接點數，足夠本次專題的應用，而其語法能簡化程式複雜度，且能更簡易的結合 HC-05 藍芽模組，使本專題能更容易達到以手機進行操作的目標。

四、未來展望

目前系統需要以手機 APP 進行操作，未來期待在 APP 上結合手機 NFC 功能、IMEI 碼辨識系統，讓使用者可以用手機感應機台進行停、取車輛之動作而無需操作介面即可完成。加入 IMEI 碼辨識能防止車輛遭偷竊，增加車輛安全性。藉由兩種科技的輔助達到全自動的目標。

五、致謝

本專題能完成首先必須感謝蔡循恒教授的指導與建議，讓我們抓住專題重點並時時提出我們沒有發現的盲點，對於我們的想法有很大的幫助及支持；感謝研究生林子清學長的幫忙，他提供了我們設備的需求，遇到難題時，也給予我們解決的方向。

六、參考文獻

1. 網路資料:

[1]張益裕, Java Embedded (11) 控制直流馬達 - 使用 L293D 晶片

<http://www.codedata.com.tw/java/java-embedded-11-parking-lot/>

[2]Texas Instruments, L293x Quadruple Half-H Drivers

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>

[3]威力自動化科技, isPLC 的硬體規格

<http://blog.xuite.net/plcduino/blog/177601287>

[4]Oliver - Arduino 世界, Arduino 課本可能沒教的事(1)

<http://arduino-oliver.blogspot.tw/2014/06/arduino-1.html>

[5]葉難, Arduino 練習: 以開關切換 LED 明滅狀態

<http://yehnan.blogspot.tw/2012/02/arduinoled.html>

[6]GitHub, Bounce

<https://github.com/jtjoheinz/Bounce>

[7]圖 1 Arduino uno

<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

[8]圖 2 isPLC

<https://www.beiclass.com/rid=193a2b75847b2258f688>

[9]圖 3 HC-05

http://www.gearbest.com/other-accessories/pp_227678.html

[10]圖 4 DC 直流減速馬達

<https://www.taiwaniot.com.tw/shop/%E9%A6%AC%E9%81%94%E8%88%87%E9%A9%85%E5%8B%95%E5%99%A8/dc-3v-6v-%E5%A1%91%E8%86%A0%E7%9B%B4%E6%B5%81%E6%B8%9B%E9%80%9F%E9%A6%AC%E9%81%94-tt%E9%A6%AC%E9%81%94-%E6%B8%9B%E9%80%9F%E6%AF%94148-%E5%B0%8F%E8%BB%8A%E8%BC%AA%E8%83%8E-%E9%A6%AC/>

[11]圖 5 L293D

<http://projectshopbd.com/product/l293d/>

[12]Giken ECO Cycle

https://www.giken.com/en/solutions/underground_developments/eco_cycle/

2. 書籍:

SolidWorks2013 原廠教育訓練手冊:實威國際編
著 全華圖書股份有限公司出版

Automated Underground Bicycle Parking Systems

TSENG, HUAI SHENG

HUANG, PAI POHSUN

Dr. TSAI, HSUN-HENG

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

To improve the convenience and security of parking bicycles, we have designed and created an automatic underground bicycle parking system. By the Single-board microcontroller from Arduino, the mechanism is operated to move the target bicycle according to the solution concluded from our program. To operate the prototype, our mobile application is designed to transmit data by Bluetooth and quipped with the scanner of Quick Response Code, which enable users to do the parking and returning of their bicycles. In this project, we code the program that is capable of conducting an automatic parking system, including recognizing the location of vacancy and the parked bicycles, thus complete parking and returning actions.

Keywords:

Automation Control, Application, Parking
Systems

噴藥車自動起落噴藥架設計

組員：李業祥 E10244002

黃泓文 E10244005

賴韋豪 E10244033

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

本文探討噴藥車自動起落噴藥架之升降機構，因坊間噴藥車之噴藥架為手動起落、調整角度，往往在噴藥的過程中為了變換角度還需要前往調整、收納噴藥架，為了噴藥人工不足和減輕噴藥操作人員的勞累，並提高噴藥安全性，所以研究探

討此遙控自動起落噴藥架，而自動起落噴藥架為升降機構，必須找出適合作為噴藥架之升降機構，探討的目的為輕巧方便為主因而採用管式馬達作為主結構及動力源，且管式馬達方便遙控、定位更是省去了設計遙控設備的繁雜性，如此就能簡便達到遠端起落噴藥車噴藥架之動作。

一、引言

隨著經濟的發展與生活水準的提升，農村面臨著人工成本昂貴、農業人口外移，以及勞動力不足等問題，所以各類作物栽培，極迫切需要適用之機械或自動化設備以取代人工，而噴藥作業就是其中之一項。由於病蟲害防治工作為農業生產過程中不可或缺的一環，因此有必要開發新的病蟲圖），使用摩擦輪滑塊升降機構時從動件啟動平穩，

害防除管理機械，目前市面上已有多種噴藥機械可供選用，操作者只需於轉彎時做必要簡單之操作，大幅簡化了工作之繁複性，並減少操作者之勞力需求。

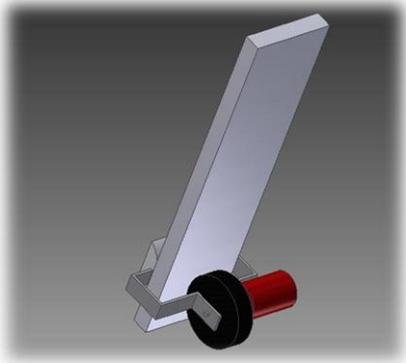
二、研究內容與方法

利用自製自動升降機構改良噴藥車的噴藥桿起落架，現有的噴藥車噴桿起落架皆為手動升降、調整，因此我們將利用自製的自動升降機構來達到遠端控制噴藥桿的起落達到完整的遙控噴藥車系統。此次改良的方面為自動噴藥桿起落架，自動代表著此機構必須由動力源驅動，而驅動機構的時機在於升降起落架時，驅動的行程也不必很長，所以我們採用以電力為來源的自動升降機構，動力來源為馬達。選用研究之機構包括摩擦輪滑塊升降機構、齒條與小齒輪升降機構以及管式馬達升降機構來做研究，選擇這幾種較簡易常見的機構來探討適不適用於噴藥車自動起落噴藥架。摩擦輪升降機構：使用滑塊於主支架上施予正壓力以馬達帶動摩擦輪在主支架上進行升降動作，再製作連桿帶動噴藥架之起落（“圖一” “圖二”為示意

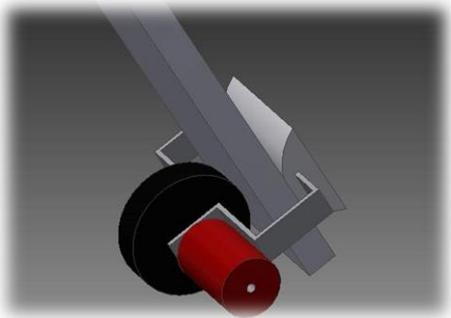
圖三

不易抖震、傳動阻力過大時接觸面完全滑動不易造成損壞、構造簡單且噪音小。缺點為速比不穩定、且動力不宜過大。若採用此機構必須考量之因素為主支架、摩擦輪及滑塊之材質，以及作動是否確實到位，且需要自行加裝遙控系統。

圖一

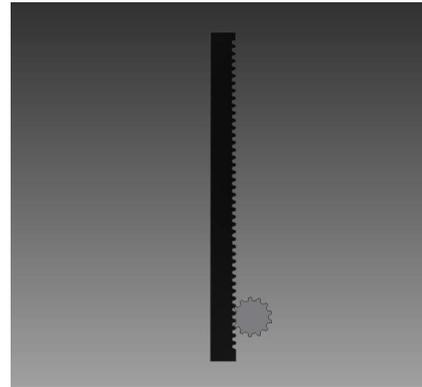


圖二



(紅色部分為馬達、黑色為摩擦輪、半月形為滑塊)

齒條與小齒輪升降機構：將齒條裝置於主支架上並以馬達帶動小齒輪及噴藥桿從動機構進行升降動作(“圖三為齒條與小齒輪升降機構示意圖”)，使用齒條與小齒輪升降機構時速比精確容易達到控制的功能、可變換速度、方向及動力大小皆可使用，若採用此機構必須考量之因素為較難取得能與自動起落架匹配之齒條齒輪機構，且需要自行加裝遙控系統。但在於市面上之齒條與小齒輪較無與噴藥車機



管式馬達升降機構：使用管式馬達本體為主支架，於管式馬達之傳動管帶動鋼索收放噴藥桿起落架機構(“圖四”為管式馬達實品圖)。因利用管式馬達本體作為主支架結構簡化整體起落架支機構，且市面上管式馬達產品多有遙控系統更能不用自行加裝遙控系統只需使用馬達本身的遙控功能做定位即可。

圖四



依照以上各機構之特性探討，摩擦輪升降機構雖然材料方便取得且構造簡單，但對於噴藥車的噴藥桿必須有起落定位之功能來說因摩擦力的因素較多無法確實的定位，且材料的選用也需從適不適合於農田間之使用還需考慮摩擦損耗來選用其主支架摩擦面、摩擦輪和滑塊材料，在選用材料的過程中將相當繁複，而齒條與小齒輪升降機構雖然能達到精準定位的需求，

圖七

構尺寸、速比相匹配的材料，若使用自行加工車製齒條與小齒輪則需花費較昂貴的製作金額，且設計速比的過程相當繁複，管式馬達升降機構的使用相對於前兩種來說較為簡易，因管式馬達已在日常多用於升降之用途，管式馬達內建的定位、遙控功能相當符合噴藥架升降機構所需的精準定位及遙控且以管式馬達的管身主體取代原噴藥架的主支架也能節省空間簡化機構。

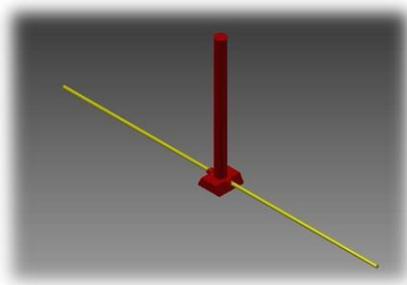
但在於市面上之齒條與小齒輪較無與噴藥車機構尺寸、速比相匹配的材料，若使用自行加工車製齒條與小齒輪則需花費較昂貴的製作金額，且設計速比的過程相當繁複，管式馬達升降

機構的使用相對於前兩種來說較為簡易，因管式馬達已在日常多用於升降之用途，管式馬達內建的定位、遙控功能相當符合噴藥架升降機構所需的精準定位及遙控且以管式馬達的管身主體取代原噴藥架的主支架也能節省空間簡化機構。

圖五



圖六



“圖六” “圖七” 為模擬噴藥車主結構之示意圖(紅色為管式馬達當主支架，黃色為噴藥桿)經由此主結構為設計再加上鋼索及連桿即可達到升降做動。

在電源方面噴藥車在行走、噴藥時需要耗費大量的能源，因此我們將此升降結構之動力另外安置12V 電瓶”圖八”來減輕噴藥車本身的能源消耗，且起落架耗費的能量不高因此外掛電瓶續航力也沒有問題。

圖八



三、結果與討論

經由解析這幾種不同特性的升降機構發現每種升降機構的適用條件不同，摩擦輪滑塊機構雖構造簡單但因摩擦輪速比較不精確且摩擦輪及滑塊的材料試用需在詳細研究選用，用於戶外也比需考慮髒污影響摩擦輪之作動效果，因上述原因摩擦輪滑塊機構較不適用於噴藥架之自動起落裝置，在齒條與小齒輪升降機構方面，雖然齒條與小齒輪雖能準確定位及速比精確負載等優點，且用於戶外也不易有環境、髒污影響作動效果，但現成的齒條與小齒輪組合大多不適用於此自動噴藥架起落的機構，且造價較為昂貴，訂製適合的尺寸在設計、加工上更是繁雜因此在此研究範圍也較不適用於此噴藥架之自動起落裝置，而最後一種管式馬達因管式馬達本體適合用來當作主支架的結構因而省去很多的空間，本次模擬用的管式馬達本身具備遙控、定位功能，也不必像上述兩種升降機構還須自行設計遙控模組，管式馬達在升降的圈數控制上也是相當的精準，用於噴藥架之自動起落是相當適合的。

四、結論

此次噴藥車自動起落噴藥架模擬很適合實行於噴藥車的裝備上，能夠完全落實噴藥車的自動化、遠端控化，由於農村缺工、國人健康意識抬頭，愈來愈少人願意從事噴藥工作，施藥作業應往更兼顧人、作物與環境的方向發展，雖然尚有機構上的問題還需要再優化、研究，朝著這個自動化、降低農村作業的職業傷害的方向去著手開發更方便更有效率更安全的農業機具，更能提升台灣農業的品質也讓田間作業的第一線能夠更安心更健康的種植作物，相信只要整個農業的環境更好台灣的未來也會更好。

五、參考文獻

1. 期刊

何榮祥、龍國維、田雲生，1999，近年來台中場噴藥機械研發成果，台中區農業技術專刊 154 期，第一頁。

2. 書籍

柯雲龍、潘建安，2013，機件原理，台科大出版社。

3. 研究報告

何榮祥、田雲生，2002，小型履帶式噴藥機研製，臺中區農業改良場研究彙報 74:45-51。

邱銀珍、葉仲基，1997，油壓桿式噴藥機之研製，桃園區農業改良場研究報告第 30 號。

4. 專利

陳令錫、龍國維、田雲生 1993 簡易設施田間用自動噴藥裝置 中華民國新型第 82323 號。

5. 網路資料

農傳媒，2017，屏科大研發遙控式農用噴藥車，省工顧安全，農傳媒，網址：

https://www.agriharvest.tw/theme_data.php?theme=article&sub_theme=article&id=336，上網日期：
2017-03-08。

Simulation of automatic lifting and spraying of sprayer

Author' s name : Ye-Siang Lee E102441002

Ru-Wen Huang E10244005

Wei-Hao Lai E10244033

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This paper explores the lifting of the sprayer automatic lifting device, according to the printing between the spray gun for manual lifting, adjust the angle, often in the process of spraying in order to change the angle also need to adjust to adjust the storage rack, In order to spray the artificial shortage and reduce the fatigue of the spray operator, and improve the safety of spraying, so the study of this remote control automatic landing spray frame, and automatic lifting spray rack for the lifting mechanism, must find suitable as a spray Of the lifting mechanism, the purpose of the study for the purpose of light and convenient for the use of tubular motor as the main structure and power source, and tube motor to facilitate remote control, positioning is to save the design of the complexity of remote control equipment, so you can easily reach The action of the sprayer.

利用單晶片配合氣體感測器 偵測不同品質牧草之初步開發

王鵬誌

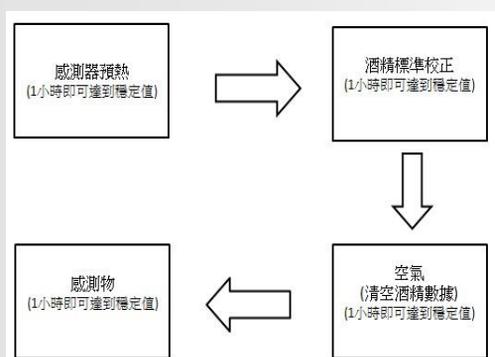
指導教授:謝清祿副教授

牧草的品質有很多種不同的定義，在學術研究上也有不同的公式或指標表示其品質的高低，牧草品質不單指牧草的營養價值，還包括動物攝食量的多寡。如何生產能使「顧客」滿意的牧草，過去草農們只能藉由經驗判斷，現在已了解影響品質變化的因素，也有了快速的分析方法，可以使供給者與消費者同時掌握牧草品質。

研究目的

熟悉市售氣體感測器的性能
設計牧草氣體感測盒
製作不同酒精濃度氣體，藉以測量感測器性能
針對不同品質牧草進行其氣體檢測

檢測流程



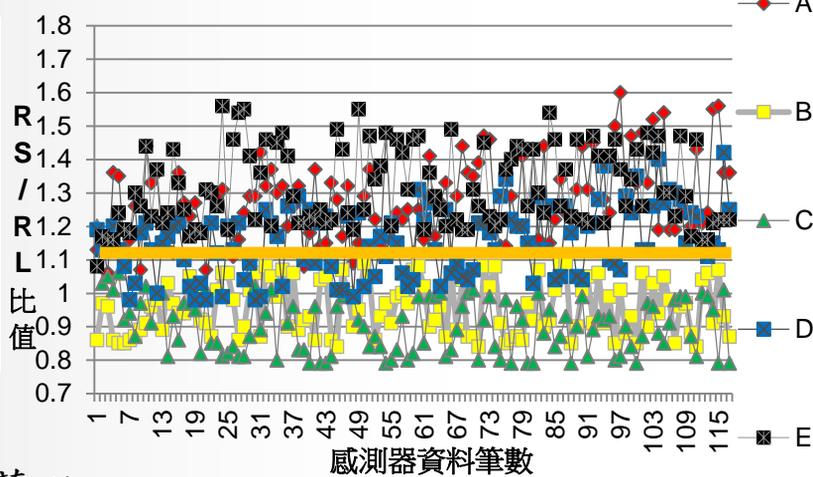
結果與討論

牧草檢測數據圖中A與D牧草以經驗法則判斷為優良品，B、C、E牧草分別為劣質牧草，而以感測器偵測後A與D屬於優良牧草B牧草屬於偏向良好方面C與E確定是劣質，此項判斷會因感測器偵測不同氣體而有所變化此項判別只能提供參考

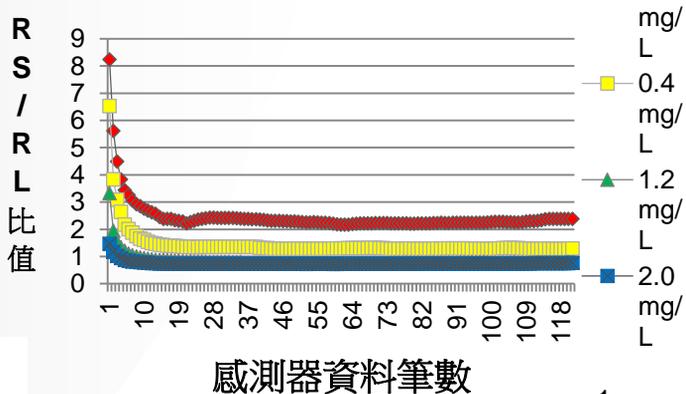
研究方法

利用通電達到感測器預熱，預熱作用為維持清潔的大氣環境，使用利用酒精揮發氣體檢測是否達到標準值內，進入空氣中排除酒精氣體殘留物質以免影響感測物內部空氣檢測，檢測感測物呈現實驗結果

MQ5-1



MQ5-1



智慧型窗戶研製與測試

學生：李政道、潘柏元、蔡侑廷

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

本專題之主要目的在於配置 CO 感測器及與雨滴感測器研製智慧型窗戶，其中利用一氧化碳感測器偵測室內一氧化碳濃度，防止一氧化碳凝聚而發生人員中毒危害。而雨滴感測器是在控制雨天時關閉窗戶使室內不會遭雨水潑入。本裝置接觸雨滴即會關窗；在偵測到一氧化碳立即開窗。

關鍵字：CO 感測器、雨滴感測器、
智慧型窗戶

一、引言

近幾年來常有一氧化碳中毒事件，一氧化碳(CO)是一種無色、無味、無刺激性的氣體。一氧化碳中毒是吸入過量一氧化碳所導致的一種似中毒的缺氧現象。一氧化碳中毒後，先是嚴重頭痛，接著是噁心、嘔吐和呼吸急促，之後中毒者會精神錯亂、肌肉無力，一用力就會覺得頭暈。因此中毒者經常無法移動很遠，也就無法逃出中毒環境。最後喪失意識和昏迷。結果導致死亡，死因可能是心律不齊，以及心臟和腦受損。當一氧化碳濃度達 100ppm(0.01%)時，6-8 個小時內，會產生頭痛、昏沈、噁心、肌肉無力、判斷力喪失等症狀。

依據美國國家消防協會 NFPA (National Fire Protection Association) 編著之防火手冊，不同濃度之一氧化碳對人體的影響

200ppm (0.02%)時，2-3 個小時產生輕微頭痛。400ppm (0.04%)時，2.5 個小時-3.5 個小時頭痛加劇。800ppm (0.08%)時，45 分鐘會頭暈、反胃、抽筋。1,600ppm (0.16%)時，20 分鐘會頭痛、暈眩，2 小時死亡。3,200ppm (0.32%)時，5-10 分鐘會產生頭痛、暈眩、嘔吐，30 分鐘會死亡。6,400ppm (0.64%)時，1-2 分鐘內會產生頭痛、暈眩，10-15 分鐘內會死亡。12,800ppm (1.28%)時，1-3 分鐘內可能會死亡^[1]。

有鑑於台灣地區陽台家用瓦斯熱水器之燃燒不完全，導致一氧化碳產生並擴散至相鄰室內空間造成一氧化碳中毒事件的經常發生，然而相關研究卻相當缺乏之現況，針對室內窗戶開啟關閉與通氣流通速率變化之可能情境進行不同通風狀況，一氧化碳濃度分佈與速度場之分析。依據張瑋如(2009)室內空間一氧化碳擴散現象之 CFD 研究發現：(1)通氣速度變化明顯影響陽台與室內房一氧化碳濃度分佈狀況與速度場模式。(2)計算模擬結果顯示 $V=3.0 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ 為關鍵通氣速度，當通氣速度低於此關鍵通氣速度時，氣流之運動主要為擴散作用，此時室內門關閉與否對於室內房一氧化碳濃度分布之影響不大。(3)當通氣速度高於關鍵通氣速度($V=3.0 \times 10^{-4} \text{m/sec}$)時，室內門開啟時室內房的一氧化碳濃度將遠低於室內門關閉的狀況。此乃因為新鮮空氣經由開啟之室內門被牽引進入室內房所導致之結果。故通風設計可以降低一氧化碳濃度並以避免一氧化碳中毒事故之一再發生，並維護全民生命

財產的安全^[6]。

本專題研製智慧型窗戶以符合環境安全的需求，當在偵測到一氧化碳感測器時就可以自動執行打開窗戶，以確保安全，減少一氧化碳對人體的傷害降低到最小。而在下雨時能及時關窗，也為家中的傢俱多買了一分保險，保障了生命和財物的安全。

二、研究目的

本專題擬研製智慧型窗戶以防止生活中瓦斯外洩或燃燒不完全或使用瓦斯熱水器所產生一氧化碳。其次台灣天氣不穩定，許多地區頻頻有陣雨發生，因此可利用智慧型窗戶自動關閉窗戶有效防止大雨潑溼室內。

三、研究材料與方法

3-1 實驗材料

3-1.1 一氧化碳感測器 (如圖一所示)

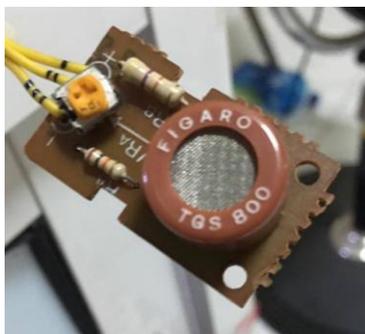
廠牌：FIGARO

型號：TGS-800

規格： $\varnothing 18 \times 22(H)$ mm 含插腳 Max

特性：靈敏度高和良好的選擇性、使用壽命長，穩定度高。

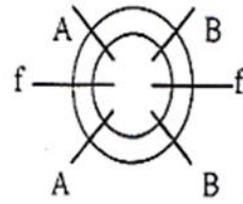
量測範圍：20ppm~1000ppm



圖一 一氧化碳感測器實體圖

其中一氧化碳接腳示意圖，f 為加熱電路、AB

為信號輸出。如圖二所示



圖二 一氧化碳接腳示意圖

3-1.2 直流馬達 (如圖三所示)

型號：CG-309A

規格：直徑：35mm；轉速：200 rpm；

電壓：12V



圖三 直流馬達實體圖

3-1.3 小型變壓器 (如圖四所示)

型號：PT-12

規格：輸入電壓：AC110V；

輸出電壓電流：AC6V-9V-12V 1.2A



圖四 小型變壓器實體圖

3-1.4 雨滴感測器(如圖五所示)

規格：40cm x 2.5cm，電壓：12V

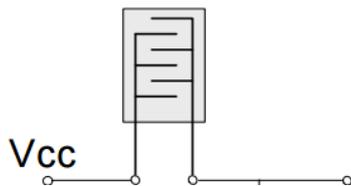
材質：薄膜鍍銅再鍍鎳



圖五 雨滴感測器實體圖

原理：由兩條不導通電路組成，相當一個開關，當下雨時，雨滴滴到下雨感測器促使兩條電路藉由雨水為媒介而導通，未下雨時，兩條電路會因為沒有雨水為媒介，而造成開路。

雨滴感測器接腳示意圖(如圖六所示)，其中Vcc為輸入電壓、另一端為輸出電壓。



圖六 為雨滴感測器接腳示意圖

其餘部分材料及結構如表一，所示

表一、材料與結構表

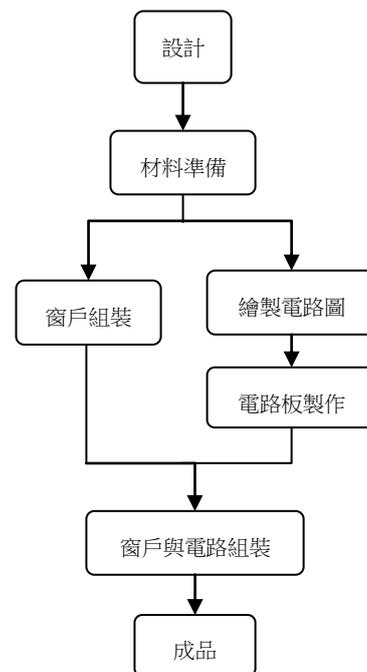
	材料名稱	規格	數量
1	鋁窗	40cm x 80cm	1
2	電線伸縮桿	40cm	1
3	正齒輪	27 齒	1
4	齒軌	80cm	1

5	微動開關	1a1b 1A	2
6	二極體	1N4001	4
7	電阻	1kΩ 47kΩ	2 1
8	半可變電阻	50kΩ	1
9	繼電器	DC 12V，接點 2C DC 3V，接點 1C	2 1
10	穩壓 IC	7805	1
11	揚聲器	6V	1
12	電晶體	CS9014	2
13	PVC 單芯線	0.6mm φ，鍍錫	若干
14	花線	26AWG，1A	若干
15	錫絲	1mm φ	若干
16	OK 線	30AWG	若干
17	束帶	2.5mm x 100mm	13
18	捲式結束保護帶	6mm x 10mm	3

3-2 製作流程

本專題製作流程(如圖七所示)

主要分成窗戶結構製作與電路製作兩部分

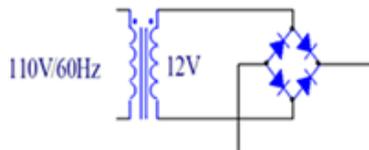


圖七 製作流程圖

3-3 研製方法

3-3.1 電力系統

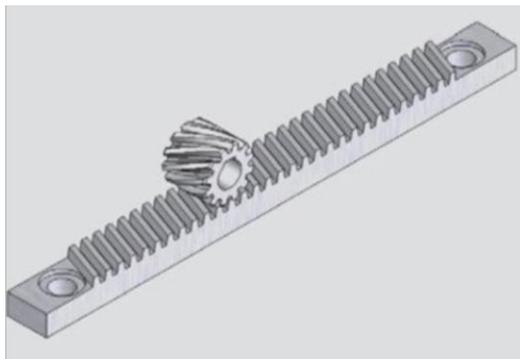
是採用外接交流 110V 電壓，經由變壓器 (110V/12V)及整流電路後變成直流 12V 電壓，其電路圖(如圖八所示)



圖八 電力系統電路圖

3-3.2 傳動配置

我們利用 12V，200rpm (含減速齒輪)之直流馬達配合齒軌來帶動窗戶開與關的動作。(A)傳動配置示意圖(如圖九所示)



圖九 傳動配置示意圖

(B)傳動配置實體圖(如圖十所示)



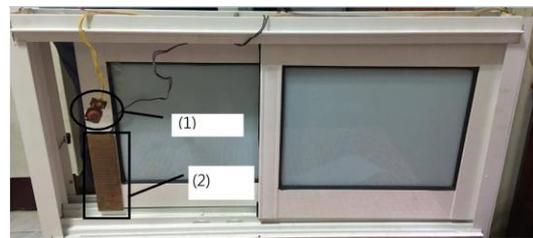
圖十 傳動配置實體圖

3-3.3 感測裝置

分別將兩滴感測器和一氧化碳感測器兩端錫焊銅導線連接到控制電路板，再將感測器模組設在窗戶框架上，(如圖十一所示)

感測器標示位置說明：

(1)	一氧化碳感測器
(2)	雨滴感測器

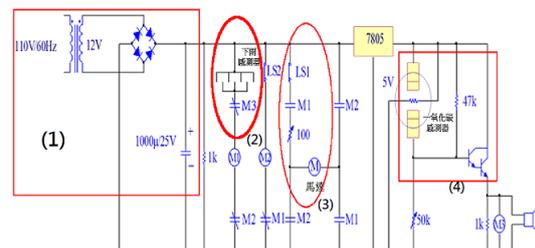


圖十一 感測裝置圖

3-3.4 智慧型窗戶電路圖 (如圖十二所示)

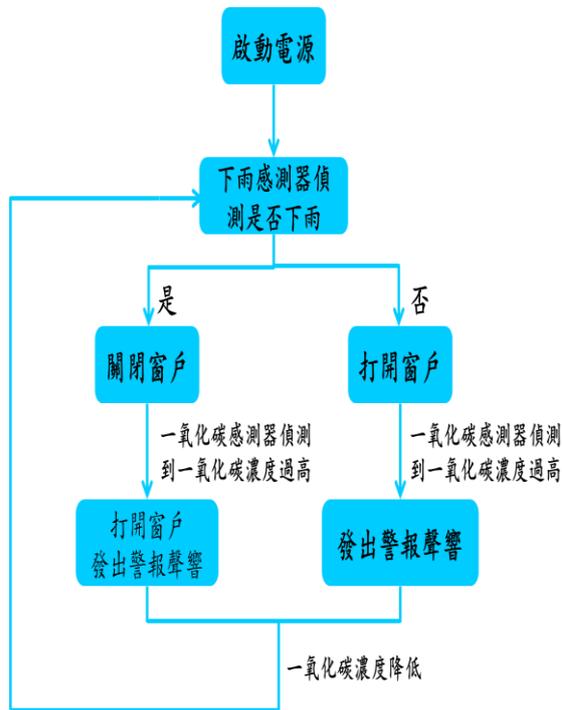
電路圖標示位置說明：

(1)	電力系統
(2)	下雨感測控制系統
(3)	控速系統
(4)	一氧化碳感測系統



圖十二 智慧型窗戶電路圖

3-3.5 動作程序 (如圖十三所示)



圖十三 動作程序圖

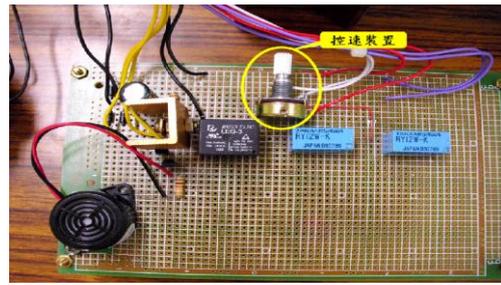
四、結果與討論

1. 本專題之研製成品圖(如圖十四所示)



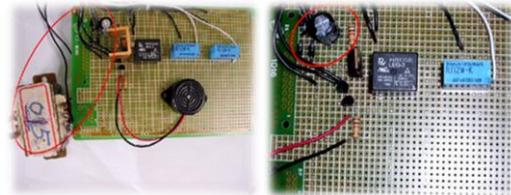
圖十四 研製成品圖

2. 為了避免馬達因轉速快及扭力大而造成窗戶旁邊兩側的微動開關裝置損壞，所以我們採用可變電阻：100Ω，1/4W 來控制馬達的轉速，利用可變電阻器來控速比較簡單且容易調成適當的速度，修正電路如圖十三所示。



圖十五 修正電路圖

3. 因為交流電壓經整流電路後，輸出為脈動直流電壓，會隨時間改變大小，不適用於一般的電子電路，所以必須在整流電路後多加一個濾波電路，將變動的信號分量濾除掉，以得到一個平穩的直流電壓輸出，且由於全波及橋式整流電容濾波電路有較好的濾波效果，因此我們在變壓器二次側接上橋式整流電容濾波電路，使輸出直流電壓約為 12V。修正電路如圖(十六)，所示



圖十六 修正電路圖

4. 雨滴感測器作動測試

使用針筒往雨滴偵測器注水，檢測前初始電壓值為經過量測電壓為 12V，在經過注水過程中，電壓緩慢下降 7V 以下時，窗戶作動。

5. 一氧化碳感測器檢測

我們以香菸對一氧化碳感測器進行測試，大約在六秒時作動，如表二所示

表二、以香菸測試窗戶作動情形

做動時間 (秒)	1	2	3	4	5	6	7
窗戶作動	X	X	X	X	X	X	0

X：窗戶不做動； O：窗戶進行做動

四、結論

1. 透過簡單的電路設計與電子裝置可讓普普通通的窗戶智慧型化，在我們的作品當中已經完整的把智慧型窗戶結構完成。
2. 可讓人不必擔心下雨時窗戶忘了關，還能防止在冬天使用瓦斯熱水器時因窗戶緊閉而造成一氧化碳中毒的悲劇事件再度發生。
3. 由於缺少精密儀器的輔助，所以一氧化碳濃度和雨量還無法精準測量。
4. 電源所以使用交流 110V 來整流而不直接採用直流 12V 電瓶是因為更能配合居家使用。
5. 目前還無法準確測試感測器作動時一氧化碳的濃度及下雨雨量，不過未來我們希望此窗戶可以達到這兩項要求，並廣泛的使用，減少一氧化碳事故的發生，且結合網路資源遠端解決因應緊急狀況。

五、致謝

首先誠摯的感謝指導老師李經緯老師兩年來的教導，不時的討論並指點我正確的方向，使我在這些年中獲益匪淺。老師對學問的嚴謹更是我輩學習的典範。也感導師張仲良老師指導我們報告製作以及報告時之應變。

值得一提的是同組的夥伴們，在製作專題的過程中，雖然曾遇到許多挑戰與挫折，比如說意見不合、時間上的不能配合，但是當我們一一克服了這些困難，以破斧成舟的心態面對種種難題，勇於面對並成功解決，實屬難能可貴的經驗；這一年多相處的時間裡，我們在不知不覺中重新認識了各式解決問題的方法、團隊合作精神的態度以及誠實的面對自己所擔負的責任，才能在時間之內完成我們的專題研究。

六、參考文獻

1. 中華民國內政部消防署全球資訊網，網址：
<http://www.nfa.gov.tw/main/Unit.aspx?ID=&MenuID=500&ListID=316>
2. CoperMaa，網址：
<http://coopermaa2nd.blogspot.tw/>
3. 步進馬達與伺服馬達使用區分，網址：
<http://www.sunholy.com.tw/epaper/NO.114/114.pdf?btn=6>
4. 邱小新的單晶片筆記，網址：
http://jyhshin3.blogspot.tw/2009/04/blog-post_22.html
5. Arduino 筆記(八)，網址：
<http://atceiling.blogspot.tw/2013/04/arduino.html#.VI7EXdKUESp>
6. 張瑋如，2009，室內空間一氧化碳擴散現象之 CFD 研究(P. 19-P. 28)
7. 陳躍仁，2011，家用瓦斯熱水器一氧化碳模擬分析與中毒防制之研究(P. 1-P. 20)
8. 黃智清，2010，室內空氣品質 CO，CO₂，及 O₃ 及直讀儀器相對準確度測試稽查
9. 林昭仁，葉勁宏，盧宗聖，林明寬，葉鳳凰，蘇鳳婷，2012，CO₂ 偵測窗戶自動開啟裝置

七、外文摘要

Smart window development and testing

Chengtao-Li

Baiyuan-Pan

Yuting-Tsai

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

The objective of our study is to produce the smart windows by combining the rain sensor with the CO sensor. CO sensor can avoid carbon monoxide poisoning such as charcoal burning suicide happen, and the device of rain sensor can close the windows immediately and make sure the room tidy in the raining days. This device will closes the windows when it detecting the rain and open windows right away as it detecting the carbon monoxide.

Key words: CO sensor, rain sensor, smart windows

資源循環物質的應用-太空包基質的評估

國立屏東科技大學 生物機電工程系

指導教授：李柏旻博士

學生：王世響 E10244051

黃承昌 E10244056

林岐嶸 E10244060

摘要

目前國內的甘蔗渣，為製糖工程之副產品或製糖過程產生的廢棄物，廢棄量過多往往讓製糖廠頭痛，不適當處理會帶來環境污染，以往多用在製糖廠本身的燃料，或加工成建築用的隔音隔熱板與阻燃材料，在講求環保的風氣下也曾製成免洗餐具，但跟研發成動物飼料一樣，都因為技術、成本、實用性、市場通路等問題而未能進一步突破[5]。

近年來因全球暖化問題日益嚴重，引發許多天然災害，使得環境保護意識更加被重視，如提倡減少砍伐樹木等來保持環境生態的平衡，間接影響以木屑為主要原料的菇蕈類產業，以太空包種植蕈類的產業，每年大約有2億個太空包的需求，需砍伐約2300公頃的林木，因此尋找適合的農業廢棄物用於太空包的材料為環境改善的方法之一[1]。

本實驗以甘蔗渣作為循環經濟的材料來取代木屑作為太空包之營養源，以四種不同的混合比例來觀察其生長並探討生產率及後續的發展方向。

關鍵字：循環經濟、甘蔗渣、秀珍菇、太空包

一、前言

傳統太空包的製作是以木屑為主，適當調配米糠、澱粉、過磷酸鈣、碳酸鈣等後，裝入塑膠袋供做栽培木耳、香菇、杏鮑菇等菇類的生長介質。

近年來因蕈類市場需求增加，加上盛行使用太空包進行栽植，使得木材需求量提升，又因受到環保意識逐漸增強的影響，導致木材價格節節攀升，間接影響太空包生產成本，因此尋找適合的農業廢棄物作為有用的資源用於太空包介質能夠改善成本問題，與廢棄物汙染環境的問題。

二、研究目的

本研究的目的是在於探討資源循環物質，以蔗渣作為太空包生長時之營養源的可行性與效率，藉由調整不同比例之蔗渣與木屑混合物（蔗渣含量0%，25%，50%，75%），達到探討替代使用量所造成的影響。使農業廢棄物之回收再利用，並幫助蕈類栽培農業降低成本與增加環保效益。

三、實驗材料與方法

3.1 實驗材料

3.1.1

秀珍菇(*Pleurotus sajor-caju*)原始名

稱為平菇(*Pleurotus ostreatus*)屬於擔子菌門(*Basidiomycota*)、傘菌綱(*Aaricomycetes*)、傘菌目(*Aaricales*)、側耳科(*Pleurotaceae*)、側耳屬(*Pleurotus*)，是一商品名，而非學術性命名，是在菇農偶然提早採收下發現的新栽培方式，因其珍貴且秀麗而名，其適應性強而且可以在多樣的木質纖維、農業廢棄物上生長和出菇，富含維生素B₁、B₂、B₁₂、C和D，而且還含有水溶性多醣，有抗腫瘤、抗氧化、抗凝血與抗增值等作用。(圖1)



圖1秀珍菇實體

3.1.2木屑

來源為柳安木，材質的輕重適中，結構略粗，易於加工，膠結性能好，乾燥過程稍有翹曲和開裂現象，柳安木的刨面光澤、徑面有帶狀花紋，具裝飾性，為一般的裝潢材料，本實驗則是採用製作傢具木材後，剩餘之木屑。(圖2)



圖2柳安木木屑

3.1.3蔗渣

甘蔗中的乾固質纖維素含25%~30%，半纖維素12~18%，木質8~12%，果膠0.05~0.15%榨取蔗糖後所留下的蔗渣約占甘蔗的24%~27%，含有豐富的纖維素，而甘蔗產於熱帶地區，主要分為紅甘蔗與白甘蔗，其中白甘蔗含糖量較高，被選為製糖的主要原料。(圖3)



圖3甘蔗渣

3.1.4米糠

米糠必須是新鮮的，存放過久則因發酵變酸不宜使用，其用量則視所種菇種而定，但米糠的含量愈多，則栽培上發生雜菌污染的機率也愈大。

3.1.5碳酸鈣

秀珍菇pH值在4.5至5.5之間生長最好，所以碳酸鈣不宜加太多，約佔整體含量1%就好，以免阻礙生長。

3.1.6蒸餾水

木屑之含水量依木屑種類及堆積時間不同而有相當大的差異，以含水量表示則以60%最適宜。

3.1.7馬鈴薯瓊脂培養基

Potato Dextrose Aar 簡稱為PDA培養基，適用於酵母菌、黴菌、蕈類等真菌。(表1，圖4)

表 1 PDA 固態培養基成分(g)

成分	含量
馬鈴薯	40
葡萄糖	4
瓊脂	4



圖 4 馬鈴薯瓊脂培養基

3.1.8 麥粒培養基

利用小麥作為菌種之營養來源，來進行擴大培養，增加生長效率。(表2，圖5)

表 2 麥粒培養基成分(%)

成分	比例
小麥	99
碳酸鈣	1



圖5麥粒菌種瓶

3.2 實驗設計

將蔗渣依據重量百分比與木屑進行混合調整至四種不同組別，觀察其走菌天數與菇類生長效率。(圖6)

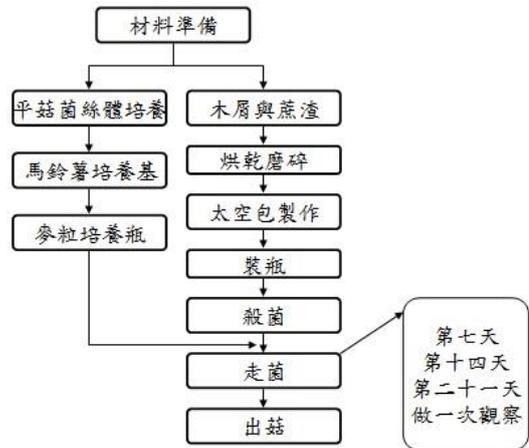


圖6菌種與太空包實驗流程表

3.3 實驗儀器

表3實驗器材與設備

儀器設備	廠商	規格/型號
電子精密天秤	METTLER TOLEDO	EL-303
電磁攪拌加熱器	CORNIN	PC-420D
烘箱	DEN YN	DOS45
高速粉碎機	RON TSON	DM-6
高溫高壓滅菌釜	TOMIN	TM-329
無菌無塵操作台	HUASHANTEC	4VF
恆溫震盪培養箱	HIPOINT	721SR
超音波加濕機	瑞士 BONECO	U700

四、實驗步驟

4.1 菌種培養

4.1.1 馬鈴薯培養基製作

馬鈴薯培養基製作方式如下：

- (1) 將 40g 的馬鈴薯切成碎丁放入燒杯，並加入蒸餾水至 200ml 後開始熬煮。
- (2) 馬鈴薯煮軟後即可用濾布過濾湯

汁，再加入藥品葡萄糖 4g 瓊脂 4g 再煮 10 分鐘。

- (3) 採用高溫高壓滅菌釜，內部水蒸氣因壓力上升而能使水蒸氣溫度達到 121°C，維持 1.5-2 小時殺菌後，待釜內溫度降至 60°C 即可取出。
- (4) 冷卻後倒入培養皿，在無菌操作台接入秀珍菇菌絲塊。
- (5) 接種完放置攝氏 27 度培養室，等待菌絲長滿。

4.1.2 麥粒培養基製作

麥粒培養基製作方法如下：

- (1) 將小麥置於清水中浸泡至麥粒吸飽水分，以手指搓無實心感覺為準，含水量約為 50%。
- (2) 將浸泡過的麥粒放入 100°C 沸水中燒煮 25-30 分，至麥粒無白心時即可。
- (3) 煮好後濾掉多餘的水份，裝入菌種瓶內，並按照比例加入微量的碳酸鈣，每瓶裝量 150 左右。
- (4) 採用高溫高壓滅菌釜，內部水蒸氣因壓力上升而能使水蒸氣溫度達到 121°C，維持 1.5-2 小時殺菌後，待釜內溫度降至 60°C 即可取出。
- (5) 冷卻後在無菌操作台內接入秀珍菇菌絲塊。
- (6) 接種後置於攝氏 27 度培養室培養，待菌絲萌發、生長，菌絲長滿瓶後，即可進行太空包接種。

4.2 太空包製作

太空包製作方法如下：

- (1) 材料粉碎：將烘乾過後的木屑與蔗渣利用磨碎機磨至粉狀。
- (2) 材料混合：依照各比例調整重量，並添加蒸餾水使其含水率達 60%。

(如表 4)

- (3) 裝袋壓包：混合材料後裝入 P.P. 塑膠瓶中壓緊，並在中心打洞，以利於殺菌後接種，完成後在袋口處裝上一個 P.P. 塑膠瓶蓋，並塞緊棉栓。
- (4) 殺菌：採用高溫高壓滅菌釜，內部水蒸氣因壓力上升而能使水蒸氣溫度達到 121°C，維持 1.5-2 小時殺菌後，待釜內溫度降至 60°C 即可取出。
- (5) 接種：將瓶蓋拔開，立即將秀珍菇菌種與麥粒菌種加入太空包，且須在無菌操作台內進行。
- (6) 走菌：將接種完之太空包移入培養室培養，使其菌絲得以順利生長，一般維持 60% 相對濕度即可。
- (7) 出菇：待菌絲長滿太空包之後並且菌絲由白色轉為褐色，則可將瓶蓋拔除，此時通氣量要夠，而且相對濕度必須維持 80% 以上，否則剛長出來的菇蕾會乾枯無法持續生長。打開後若是日夜溫差大，則較容易刺激出菇，而且產量也較大。

表 4 不同比例之太空包介質成分比例(%; g)

	對照組	25%	50%	75%
木屑	90(360)	60(240)	45(180)	30(120)
蔗渣	0	30(120)	45(180)	60(240)
米糠	9(36)	9(36)	9(36)	9(36)
碳酸鈣	1(4)	1(4)	1(4)	1(4)

五、結果與討論

圖 7、圖 8 及圖 9 為走菌過程的第 7 天、第 14 天及第二十一天的照片。



圖 7 不同比例太空包之走菌第七天



圖 8 不同比例太空包之走菌第十四天



圖 9 不同比例太空包之走菌第二十天

圖 10、11、12 及 13 分別為走菌完後第二十一、二十二、二十三、二十五天的出菇照片



圖 10 對照組走菌完後第二十天出菇



圖 11 對照組走菌完後第二十二天



圖 12 對照組走菌完後第二十三天



圖 13 對照組走菌完後第二十五天

六、結論

經實驗後結論如下：

在蔗渣含量 75% 情況之太空包下未能走菌完成，僅能取代至 50% 左右，走菌時間與出菇時間依然為傳統太空包方式較為快速，因此我們判斷運用蔗渣作為循環資源的農業廢棄物材料對秀珍菇太空包的生長是可行的，但時間會稍微延長一些。

七、參考文獻

1. 張柏雅，2016，使用廢棄竹屑及檸檬殘渣為基質栽培平菇之探討，屏東科技大學
2. 呂倚孝，2015，利用香蕉假莖作為平菇

- 太空栽培介質之探討，屏東科技大學
3. 呂泳信，2013，營養劑對珊瑚菇再生性的影響，中興大學
 4. 林鴻淇，2010，使用菇類廢棄基質栽培杏鮑菇之研究，大仁科技大學
 5. 行政院農業委員會，2013，菇類與植物工廠，菇類栽培方式，木屑栽培
 6. 李志豪、蔡學承，2006，蔗渣處理及蔗纖/不飽和聚酯樹脂複合材料製造之研究，崑山科技大學
 7. 林景和，1993，利用廢棄菇類栽培介質製作堆肥之研究，台中農業改良場研究彙報39:17-27
 8. Sawada, K, 1919-1959, Descriptive catalogue of Formosan fungi. 1-11, Taiwan Agric Res. Inst. (1-10), Natl. Taiwan Univ. (11), Taipei.

The Utility of Resource Recycling - Evaluation of Cultivation bag Substrate

Shixiang Wang, Chengchang Huang, Cirong Lin
Advisor: Pomin Li
Department of Biomechatronics Engineering
National Pintung University of Science
and Technology

Abstracts

In recent years, mushroom market demand is increased, and planting by cultivation bag is prevalent. So that depend on demand of wooden material is rising and influence of the environmental awareness gradually increase, resulting in rising wooden material prices, indirectly affect the cost of cultivation bag production, so finding suitable

agricultural waste as a useful resource for cultivation bag can improve the problem of the cost and waste pollution of the environment.

This experiment is replaced wood chips by recycling bagasse resource for the main material of cultivation bag. We separate four different mixing ratio to observe growth condition of cultivation bag, and explore the productivity and development direction on future.

草坪修剪機器人設計與製作

學生：邱梓瑜、張凱迪、林其溥

指導教授：張仲良 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題研究旨在研製一台具有自走及遙控功能的割草機，其特色在於割草刀具裝設於一傘狀鋼網並以彈簧採懸掛方式附掛在底盤，可不受地形變化影響割草效能。系統採用 Arduino 控制器配合藍芽模組、超音波感測模組以及馬達驅動模組達到割草機遠端控制以及避障能力，此台未來可充當於草坪整理工具。

關鍵詞：割草機、藍芽控制、輪型機器人。

一、引言

現今市場上所見的除草機刀具皆為固定的形式，若出現小範圍的地形變化或障礙物時，可能影響其除草功能或其移動情形，為避免這種狀況發生，我們參考旋轉式電動刮鬍刀的應用原理，將刀具由固定形式改為懸吊形式，輔以四組彈簧使刀具在受到障礙影響產生偏移後與車體保持平行狀態，令刀具能極大的貼合地面，方面進行除草[4]。

1.1 問題之重要性

在現在社會中，自動控制技術已廣泛運用在生活上，目的在於減少人力並增加產能、代替高危險、重複性高的工作，而透過微處理器來控制此些設備可以達到工作效率提升，比如早期的割草機採用人力親自操作，且割草裝置採

用引擎式驅動，不環保且勞力負擔大，因此有必要進行研究方便使用的機具來提升割草效能並解決現在缺工問題。

1.2 研究動機與目的

藉由系上課程了解到農業機器人已進入自動化 4.0 的概念，可透過自動控制操控進行 GPS 導航定位、精準噴藥、自動除草、自動播種、來提高工作效率及產量並完成工作內容，因此，從指導老師給的建議從中改良割草盤以及割草機操作模式，過程中發現到我不了解地方，尤其割草盤的設計，馬達懸掛的離心力以及割草盤本身支撐力量是否足夠，因此需要經過測試之後才了解，這也讓我研究開發此割草機的主因，後來車體下方以彈簧減震機構掛載割草盤來減少離心力的影響，此問題終於解決。

二、研究內容及方法

2.1 實驗設備與材料

2.1.1 車體機構

採用電焊機(圖 1)熔接鐵板等機構。

a 車體：

車台架構包含一長方體車架鐵板底盤、前驅兩個輪子以及後方兩個惰輪，輪胎材質為橡皮。

表 1 車體材料與規格

材料名稱	長	寬	厚
鐵板	91.5cm	61.5cm	2mm
四方鐵管	69.5cm	4cm	2cm
角鐵	15cm	4cm	4cm
鋼板	10cm	10cm	2mm



圖 1 電焊機熔接



圖 2 車台架構

2.1.2 供電系統

採用 12V 電瓶〔2顆〕提供馬達以及控制器電源供應所需。



圖 3 電瓶

2.1.3 車體控制系統

此控制系統包含一微控制器、馬達驅動模組、超音波感測器、藍芽傳輸裝置以及遙控版。微控制器採用 Arduino MEGA 晶片，主要負責傳輸控制指令給予割草馬達以及前兩輪馬達的驅動模組，用以驅動割草馬達以及前兩

輪馬達，超音波則是用來避障，一旦前方有障礙物，機具將會停止。

a. Arduino 單晶片：

Arduino Mega 2560 的微控制器板(圖 4)。一款基於 ATmega2560(datasheet)的微控制器板。它有 54 個數位輸入/輸出引腳(其中 15 個可用作 PWM 輸出)、16 個模擬輸入、4 個 UART (硬體序列埠)、1 個 16 MHz 晶體震盪器、1 個 USB 連接、1 個電源插座、1 個 ICSP 頭和 1 個重置按鈕。它包含了支持微控制器所需的一切；只需通過 USB 線將其連至電腦或者通過 AC-DC 適配器或電池為其供電即可開始。Mega 與向 Arduino Duemilanove 或 Diecimila 的擴充板大多都相容。

表 2 MEGA 2560 技術規格

工作電壓	5V
輸入電壓 (推薦)	7-12V
輸入電壓 (極限)	6-20V
數字輸入/輸出引腳	54 路 (其中 15 路可用於 PWM 輸出)
模擬輸入引腳	16
I/O 引腳電流	20 mA
3.3V 引腳電流	50 mA
Flash	256KB, 其中引導程序佔用 8KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
時鐘頻率	16 MHz
長	101.52 mm
寬	53.3 mm
重	37 g

它包含了支持微控制器所需的一切；只需通過 USB 線將其連至電腦或者通過 AC-DC 適配器或電池為其供電即可開始。Mega 與向 Arduino Duemilanove 或 Diecimila 的擴充板大多都相容。

Mega 2560 是 Arduino Mega 的更新版本。Mega2560 與先前的所有電路板都不同，因為它未使用 FTDI USB 轉串口驅動器晶片。它反而將 Atmega16U2 編制成 USB 轉串口轉換器。圖 4 為實體照片。



圖 4 Arduino MEGA 2560 控制板

2.1.4 車體上的材料

a. 超音波感測器 HC-SR04 :

超音波感測器是由超音波發射器、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。超音波是人類耳朵無法聽見的聲音，因為它的頻率很高。

如圖 5 所示，超音波測量距離的方法，是測量聲音在感測器與物體之間往返經過的時間：聲音在空氣中的傳播速度大約是每秒 340 公尺，傳播速度會受溫度影響，溫度愈高，傳播速度愈快。假設以 340 公尺計算， $1000000 / 340 * 100 = 29.4$ microseconds，四捨五入後，可知聲音傳播 1 公分所需的時間為 29 microseconds (百萬分之一秒)。

由於超音波從發射到返迴是兩段距離，因此在計算時必須將結果除以 2 才是正確的物體距離。所以我們可以利用底下的公式算出物體距離（距離單位為公分，其中 timing 是測量得到的音波傳播時間）： $timing / 29 / 2$ 超音波感測器主要應用在機器人或自走車避障、物體測距等。



圖 5 超音波感測器

b.HC-06 藍芽模組：

採用 CSR 主流藍芽晶片，藍芽 V2.0 協議標準。

表 3 HC-06 技術規格

模組供電電壓	3.3~3.6V
默認波特率	9600
配對碼	1234
模組尺寸	27mm x 13mm x 2mm
工作電流	不大於 50mA
通訊距離	空曠條件下 10m
正常使用環境	8m 左右

用於 GPS 導航系統、水電煤氣抄錶系統、工業現場控制系統，藍芽可以與筆記型電腦、藍芽適配器、PDA 等設備進行無縫連結。可以對 STC 單晶片無線升級和下載程式。



圖 6 HC-06 藍芽模組

c. 馬達驅動板：

光耦隔離版超寬電壓電機驅動器（理論最高可達 60V），一般可以達到 48V，該模塊採用了 10M 高速光耦對輸入信號進行了隔離，有效地防止驅動板干擾信號對控制板的干擾，使系統更加穩定可靠，且本模塊採用高品

質全新原裝功率管，因此，最高額定電流可達 100A。

本模塊可以用於一般大功率直流電機的驅動，最大電流可達 100A，性能穩定，是一般集成電機驅動所不能比擬的，因此，非常適合機器人大賽、戰車比賽、飛思卡爾比賽等。

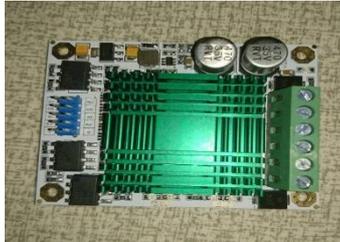


圖 7 馬達驅動板

d. 行走馬達：採用矜鷹 MY1016 高速小海豚。

表 4 MY1016 馬達規格

額定電壓	24V
額定轉速	2500RPM
額定輸出功率	200W
模組尺寸	27mm x 13mm x 2mm
空載電流	0.7~1.4A
額定電流	≤14A
電機重量	1.9KG
載重量	75KG
安裝孔距	42-95mm (共四孔)
安裝孔徑	6mm
電機直徑	101mm
電機高度	82.5mm
電機總長	108mm
電機齒輪	11 齒



圖 8 行走電動馬達

e. 割草馬達：

採用士林電機，電動車專用。

表 5 割草馬達規格

額定電壓	24V
額定轉速	1900RPM
扭力	153 公斤



圖 9 割草馬達

本專題所完成的割草機如圖 10 所示，圖中，車體內的長型桿子是用來調整割草盤的高度，以方便在不同的雜草高度下進行作業。



圖 10 車體完整圖

三、實驗結果與討論

3.1 實驗目的

本實驗主要在於測試除草機是否依照預定規劃的路徑進行除草的動作，且不出所規劃的路徑範圍，同時能夠避障。

3.2 實驗規劃

實驗規劃方面，我們在石頭草地處做除草，測試結果如下：

a. 實驗一 石頭草地

- (1) 實驗距離：五公尺 (牛耕式來回)
- (2) 實驗狀況：

從圖 11(b)可以看出除草後的情形，然此工作完成後，發現有許多的草渣附著在除草

罩上面，因此會影響除草覆蓋與整淨程度。



(a) (b)

圖 11 割草情況; (a) 割草前; (b) 割草後

四、結論

在實驗中發現遙控制草機不能把雜草完全清除乾淨，原因出在割草罩的縫隙洞口太小，導致雜草進入的空間有限，因此，比較低的雜草要完全割除有困難，但只要將割草罩的進入洞口改大一點，這個問題將會改善、或者是將馬達行走的速度降低，使割草機行走的速率減緩，也能達到不錯的割草效果。

五、致謝

這一次的實務專題能夠順利的完成。首先我們要感謝張仲良教授的教導，每當我們遇到實驗失敗、有瓶頸不知所措的時候，教授會提供細心又專業的指導，給我們適當的建議與方向以及未注意到的盲點，並教導我們該如何解決問題、查詢文獻、團隊溝通與分工的精神，雖然在過程遇到許多的挫折，但也這樣使我們從中學習到更多寶貴的經驗；還有感謝陳韋誠老師在四上的時候，細心的教導我們 Arduino，讓我們的專題上得以實踐；此次專題一路走來受到很多老師、教授的幫忙，點點滴滴都對於我們有著莫大的啟發與激盪，如果沒有教授、老師們建議與打氣，這份專題研究肯定是無法完成的。再次感謝教授、老師們無所求的付出。

六、參考文獻

[1]運用 Arduino 遠端控制技術來改良割草機效能之研究

<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22104SJS1442008%22.&searchmode=basic>

[2] 智慧型割草機器人

<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22101NCKU5028090%22.&searchmode=basic>

[3]滾筒式割草機螺旋刀片機構之有限元素分析

<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22104NCYU5730001%22.&searchmode=basic>

[4]小型電動除草機操作性能之研究

<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22104NCYU5730001%22.&searchmode=basic>

[5]揹負式割草機把手振動之調查研究

<http://laws.ilosh.gov.tw/Upload2/BookMP/201212/20-4-1.pdf>

[6]以 Android 手機無線遙控之藍芽智能車

<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dnclcdr&s=id=%22104KSUT0442009%22.&searchmode=basic&extralimit=asc=%22%E5%B4%91%E5%B1%B1%E7%A7%91%E6%8A%80%E5%A4%A7%E5%AD%B8%22&extralimitunit=%E5%B4%91%E5%B1%B1%E7%A7%91%E6%8A%80%E5%A4%A7%E5%AD%B8>

[7]智慧型自走車之研究

<http://aca.cust.edu.tw/pub/journal/40/40-21.pdf>

Design and implementation of a mowing robot
for agriculture applications

Students: Qiu Zi-Yu, Zhang Kai-di , Lin Qi-pu

Advisor: Professor Chung-Liang Chang

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

Abstract

This study is to develop an electricity-powered mower with a remote control function. A blade umbrella steel mesh is equipped below the mower. The Arduino controller with Bluetooth module is used to control the mower remotely. Ultrasonic sensing module is used to detect the obstacle. The results are demonstrated the effectiveness of proposed mower.

Keywords: self-propelled lawn mower,
Bluetooth control, wheel-shaped robot.

香蕉成熟度分級檢測

組員: E10244059 楊進修

E10244040 蔡浩源

E10244041 黃建中

指導老師: 李文宗 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

香蕉(為芭蕉科芭蕉屬, 學名 *Musasapientum* L.) 屬於芭蕉科單子葉大型草本植物, 台灣位居亞熱帶氣候區, 在內外銷售市場逐漸建立品質分級觀念及面對其他國家的競爭下, 香蕉成熟度的判斷方法必須有所改善, 為了能符合市場之要求。本專題研究將香蕉先以人工的方式分成五種有外皮深綠、綠帶黃、黃色、黃色帶有褐色斑點、褐色大於黃色, 利用攝影機取得香蕉表皮的颜色資料, 經過程式的分析及判斷來得知香蕉成熟度的數據, 加以作為等級的區分。

關鍵字: 影像處理、成熟度、顏色分級、色彩判斷

一、引言

香蕉的分級主要是靠人工分成五個等級, 以人工分辨的方式, 無法維持一定的分級標準, 而且對於大量的分級工作一定會有疲倦感, 無法長期勝任。

本專題研究目的為應用影像處理去判斷分類香蕉成熟度的分級, 先以目測的方式將香蕉大致分成五種, 先利用 CCD 拍攝影像, 再用 LabVIEW 軟體影像處理的方式, 分析出每個像素的 RGB 和 HSL 的數據, 來辨識香蕉的成熟度。

二、研究內容與方法

本實驗大致可分三大部分, 第一部分為暗箱的設計與製作, 第二部分為辨識顏色的影像處理, 第三部分為成熟度判別及分類。

2.1 系統架設與硬、軟體介紹

本專題硬體架設以自製暗箱取像室為主體, 配合彩色攝影機與 12mm 鏡頭進行拍攝, 主光源部分則由上方 LED 環形燈珠外接電源供應器調整所需之光源, 光照方向由上往下, 並在兩側裝上燈珠彌補因死角關係較暗的部分, 本實驗設備如圖 2.1 所示, 軟體部分以 LabVIEW 設計之人機介面, 實驗的整體架構, 則如圖 2.2 所示。



圖 2.1



圖 2.2

2.2 環形燈

光源是使用燈珠，先利用壓克力板雷射雕刻出圓形，再以環形並聯的方式，作焊錫及固定，最後用電源供應器供應電壓，得到均勻光，如圖 2.3。



圖2.3

2.3 CCTV LENSES 鏡頭

表 1、CCTV LENSES 鏡頭

品牌	CCTV LENSES
型號	MK1214
焦距	12.5mm
F 值	1.4
畫角	水平:39 度
	垂直:30.3 度
	對角:46.6 度
最短攝影距離	0.15m

濾鏡尺寸	M30.5×P0.5
------	------------

2.4 Basler ace 相機

表 2、Basler ace 相機

品牌	BASLER
型號	acA2500-14gc
尺寸	42 mm x 29 mm x 29 mm
感光芯片尺寸	5.7 mm x 4.3 mm
水平/垂直分辨率	2590 px x 1942 px
水平/垂直像素尺寸	2.2 μ m x 2.2 μ m
功率	2.7 W

2.5 光學高解析分辨率板

它的不同分辨率單元使用對應的組和單元標記，可以通過查表得出它的每個單元對應的分辨率。它的應用廣泛，從航空、航天和天文望遠的複雜光學系統到日常生活中常用的光學產品的製造生產都能看到它的應用[1]。

2.6 色彩白平衡

在實驗中為了讓相機對焦更清晰，確保拍攝的照片清晰度不受光源色彩的影響，在任何光源下，將畫面中白色部分還原成白色，當白色的色彩準確時，環境光源的色彩也會相對的精準。

在圖形學中，色彩平衡是表示圖像中顏色的動態範圍的術語。在圖像處理領域，色彩平衡經常表示通過改變圖像的顏色值從而能夠在特定的顯示或者列印設備上得到正確的顏色[2]。

2.7 電源供應器

直流電源供應器為開關型穩壓電源，具有高精度，高效率，低重量，節能環保等優點。保護功能完善，具有過壓、過溫、超載、短路限流保護多重保護功能，能有效保護您的產品和電源本身不被損壞。穩壓、穩流自動轉換，即可做穩壓電源使用，亦可做穩流電源使用[3]。

2.8 LabVIEW

一種資料流程式語言，可分成兩個部分，由前面版(Front Panel)和程式框圖(Block diagram)組成，前面版是操作時的人機介面，藉由它本身的元件達到類似虛擬儀表的功能；而程式框圖為運作時背後的程式框圖，具備圖形化程式語言、內建資料分析與訊號處理的位置，並且提供有助於整合硬體裝置與軟體方法的開放式架構[4]。

三、色彩空間介紹

3.1 RGB 色彩空間

RGB利用紅色(Red)、綠色(Green)、藍色(Blue)三色的強度來表示一個像素的顏色，採用加法混色法，因為它是描述各種「光」通過何種比例來產生顏色，光線從暗黑開始不斷疊加產生顏色，是目前運用最廣的顏色系統之一，如圖3.1。

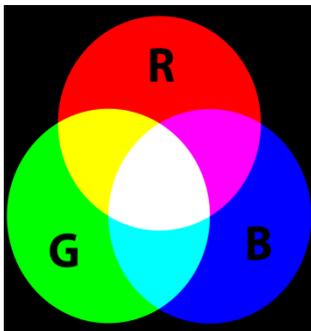


圖3.1 RGB 色彩空間

3.2 HSL 色彩空間

HSL為色相(Hue)、飽和度(Saturation)、亮度(Lightness)，表示為一個雙圓錐體（白色為上頂點，黑色為下頂點，最大橫切面為灰色），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[5]，如圖3.2。

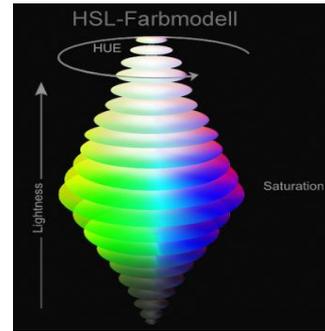


圖3.2 HSL 色彩空間

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3.3。

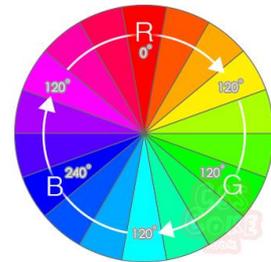


圖3.3 色相(Hue)

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，若要變暗一點就把數值往0%調整，若要變亮變白一點就把數值往100%調整，如圖3.4。

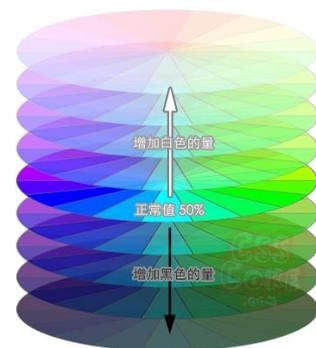


圖3.4 飽和度(Saturation)

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，色彩越是不鮮豔就越接近灰色而不是變黑，如圖3.5。

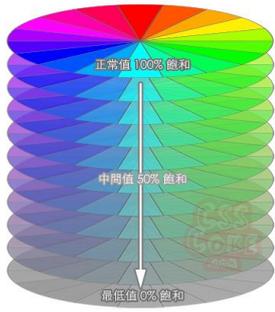


圖 3.5 亮度(Lightness)

RGB 轉 HSL 公式

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

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

$$\Delta = \max - \min$$

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

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

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

四、實驗流程及介紹

4.1 實驗步驟

- (1) 蕉農選別分級五種成熟度。
- (2) 選擇目標香蕉樣本拍攝。
- (3) 影像輸入。
- (4) 進入影像處理流程，灰階、取閾值、直方圖均化、取得遮罩。
- (5) 提取RGB、HSL顏色。
- (6) 判斷香蕉表皮有效數據做計算。
- (7) 建立樣本資料庫。
- (8) 丟入測試香蕉做(3)~(6)的步驟
- (9) 比對樣本資料庫，分級。

4.2 樣本資料說明

本實驗先以蕉農做出的五種成熟度樣本作為依據，再利用影像處理方式的判斷，香蕉屬於蕉農區分出來的五個層級中的哪個層級。

表 3、香蕉分級

圖	分級
	深綠
	綠帶黃
	黃色
	黃色帶有褐色斑點
	褐色大於黃色

4.3 人機介面介紹

在人機介面中先選取香蕉圖片，再執行程式進行影像處理，經過運算，顯示 RGB、HSL 各圖層的影子和數值，如圖 4.1。

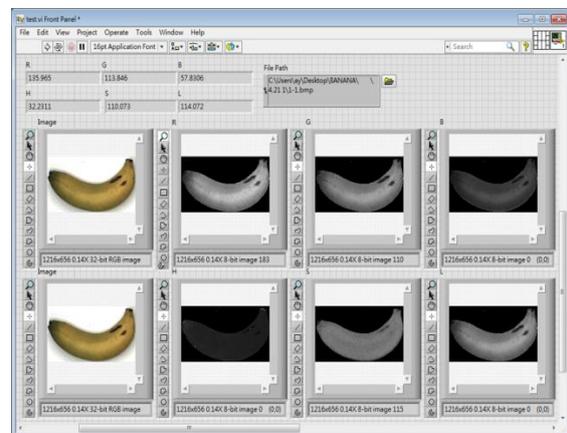


圖 4.1 使用者人機介面

4.4 程式流程圖

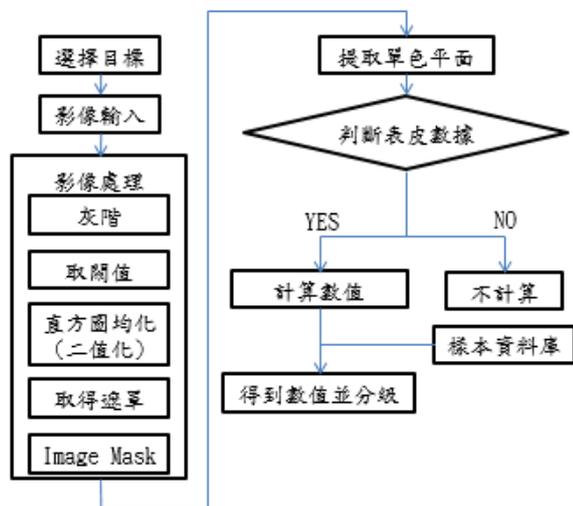


圖 4.2 程式流程圖

4.4.1 灰階轉換

灰階 (Gray scale) 數字圖像是每個像素只有一個採樣顏色的圖像。這類圖像通常顯示為從最暗黑色到最亮的白色的灰階，儘管理論上這個採樣可以任何顏色的不同深淺，甚至可以是不同亮度上的不同顏色。灰階圖像與黑白圖像不同，在計算機圖像領域中黑白圖像只有黑白兩種顏色，灰階圖像在黑色與白色之間還有許多級的顏色深度[6]，如圖 4.3、4.4。



圖 4.3



圖 4.4

4.4.2 二值化

所謂的二值化是將灰階值不到臨界值的像素訂為 0 (全黑)、大於或等於臨界值的像素訂為 255 (全白)，這裡的臨界值一般稱為『閾值』(Threshold)，通常以強度超過閾值的像素當作前景，反之則為背景[7]。

4.4.3 直方圖均化

直方圖均化將原先的亮度分佈重新均勻的均化到新的亮度值。透過直方圖均化的過程，其亮度灰階的分佈變成均勻分散，而成為高對比度的影像。另外，對於影像偏暗的部分提高亮度，偏亮的部分則降低亮度，使得細節呈現更為清晰[8]，如圖 4.5、4.6。



圖 4.5



圖 4.6

4.4.4 遮罩

遮罩適用於部分或全部隱藏圖形的方法，將處理過的圖片跟原始圖片做重疊，白色的部分為顯示的區域，黑色的部分為不顯示的區域。將圖形上的效果能運用在其他圖形或可以將效果運用在整個背景上[9]，如圖 4.7、4.8。



圖 4.7



圖 4.8

五、實驗結果

5.1 實驗判斷式

先把測試香蕉的 RGB、HSL 的數值跟第一級到第五級的樣本平均值做相減，取最接近零的，若同時符合兩個等級的判別時，先以 RGB 作為判斷的標準或者先用 HSL 作為判斷的標準。

5.2 實驗一 結果

實驗 1: 同時使用香蕉 RGB、HSL 兩個色彩空間的數值進行比較分級，若同時符合兩個等級的判別時，先以 RGB 作為判斷的標準。香蕉測試數量為 32 支，經程式判定後符合判斷數量為 22 支，不符合判斷為

10 支，成功率為 68.75%，若扣除第四級及第五級誤判結果的成功率為 81.48%，如表 4。

表 4、RGB 實驗結果

	蕉農判斷	電腦判斷	結果
第 1 支	第二級	第三級	不符合
第 2 支	第三級	第三級	符合
第 3 支	第四級	第四級	符合
第 4 支	第三級	第三級	符合
第 5 支	第三級	第三級	符合
第 6 支	第三級	第三級	符合
第 7 支	第三級	第三級	符合
第 8 支	第五級	第四級	不符合
第 9 支	第三級	第三級	符合
第 10 支	第一級	第一級	符合
第 11 支	第三級	第三級	符合
第 12 支	第三級	第三級	符合
第 13 支	第二級	第三級	不符合
第 14 支	第三級	第三級	符合
第 15 支	第三級	第三級	符合
第 16 支	第三級	第三級	符合
第 17 支	第二級	第二級	符合
第 18 支	第五級	第四級	不符合
第 19 支	第四級	第三級	不符合
第 20 支	第四級	第三級	不符合
第 21 支	第五級	第四級	不符合
第 22 支	第一級	第一級	符合
第 23 支	第五級	第四級	不符合
第 24 支	第一級	第一級	符合
第 25 支	第三級	第三級	符合
第 26 支	第五級	第五級	符合
第 27 支	第五級	第四級	不符合
第 28 支	第三級	第三級	符合
第 29 支	第四級	第四級	符合
第 30 支	第四級	第四級	符合
第 31 支	第五級	第四級	不符合

第 32 支	第一級	第一級	符合
--------	-----	-----	----

5.3 實驗二 結果

同時使用香蕉 RGB、HSL 兩個色彩空間的數值進行比較分級，若同時符合兩個等級的判別時，先以 HSL 作為判斷的標準。香蕉測試數量為 32 支，經程式判定後符合判斷數量為 24 支，不符合判斷為 8 支，成功率為 75%，若扣除第四級及第五級誤判結果的成功率為 92.3%，如表 5。

表 5、HSL 實驗結果

	蕉農判斷	電腦判斷	結果
第 1 支	第二級	第三級	不符合
第 2 支	第三級	第三級	符合
第 3 支	第四級	第四級	符合
第 4 支	第三級	第三級	符合
第 5 支	第三級	第三級	符合
第 6 支	第三級	第三級	符合
第 7 支	第三級	第三級	符合
第 8 支	第五級	第四級	不符合
第 9 支	第三級	第三級	符合
第 10 支	第一級	第一級	符合
第 11 支	第三級	第三級	符合
第 12 支	第三級	第三級	符合
第 13 支	第二級	第三級	不符合
第 14 支	第三級	第三級	符合
第 15 支	第三級	第三級	符合
第 16 支	第三級	第三級	符合
第 17 支	第二級	第二級	符合
第 18 支	第五級	第四級	不符合
第 19 支	第四級	第四級	符合
第 20 支	第四級	第四級	符合
第 21 支	第五級	第四級	不符合
第 22 支	第一級	第一級	符合
第 23 支	第五級	第四級	不符合
第 24 支	第一級	第一級	符合

第 25 支	第三級	第三級	符合
第 26 支	第五級	第五級	符合
第 27 支	第五級	第四級	不符合
第 28 支	第三級	第三級	符合
第 29 支	第四級	第四級	符合
第 30 支	第四級	第四級	符合
第 31 支	第五級	第四級	不符合
第 32 支	第一級	第一級	符合

5.3 實驗討論

本專題因第四級及第五級數值相近，導致誤判影響結果，而誤判先不考慮進去，結果得知先判別 RGB 判斷成功率為 81.48%，再以 HSL 判斷後的成功率達到 92.3%，先判別 HSL 色彩空間的成功率有明顯比 RGB 色彩空間的成功率來的高。

表 6、實驗討論

第 1 支 	蕉農:第二級	電腦:第三級
原因:RGB、HSL 整體數值都偏向第三級，所以電腦判斷為第三級。		
第 13 支 	蕉農:第二級	電腦:第三級
原因:RGB、HSL 整體數值都偏向第三級，所以電腦判斷為第三級。		

表 7、實驗討論

第 8 支 	蕉農:第五級	電腦:第四級
第 18 支 	蕉農:第五級	電腦:第四級
第 21 支 	蕉農:第五級	電腦:第四級
第 23 支 	蕉農:第五級	電腦:第四級
第 27 支 	蕉農:第五級	電腦:第四級
第 31 支 	蕉農:第五級	電腦:第四級
原因: 因為做樣本時第四級第五級樣本數不夠多，導致數據範圍很相近所以誤判偏高。		

六、結論

本專題利用 LabVIEW 及影像處理辨識香蕉成熟度分級在 RGB 色彩空間及 HSL 色彩空間做判斷來得知香蕉分級的成功率。

實驗一判斷成功率為 81.48%，實驗二判斷成功率為 92.3%，實驗二的成功率明顯的比實驗一的成功率來的高。

依本專題將香蕉外皮的數據加以分析後，提供了更精確的香蕉分級，取代現有人工分級的不客觀性，以及節省人力成本的支出，並提高香蕉之價值。就整題而言本專題誤判結果有不足之處，希望下次能針對誤判缺失的問題加以改進。

七、致謝

能夠順利完成此專題研究，首先感謝李文宗博士及實驗室的王星萌學長，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，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，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，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。

八、參考文獻

[1] 光學高解析分辨率板 參考網址:

<http://www.guiqingoe.com/content/?259.html>

[2] 色彩白平衡 參考網址:

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%89%B2%E5%BD%A9%E5%B9%B3%E8%A1%A1>

[3] 海基國際企業股份有限公司 DPS 系列 中文操作手冊

[4] National Instruments 官網-LabVIEW 參考網址:

<http://www.ni.com/labview/zht/>

[5] HSL 和 HSV 色彩空間 參考網址:

<http://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsl.htm>

[6] 灰階影像 參考網址:

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%81%B0%E5%BA%A6%E5%9B%BE%E5%83%8F>

[7] 二值化 參考網址

<http://monkeycoding.com/?tag=%E4%BA%8C%E5%80%BC%E5%8C%96>

[8] 直方圖均化 參考網址:

http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370281AC-01/nivisionconcepts/lookup_tables/

[9] 遮罩 參考網址:

http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370281AC-01/nivisionconcepts/lookup_tables/

[10] 李芳繁。1991。檸檬顏色分級方法之建立。農業工程學報 37(2):59-64。

[11] 楊清富、李芳繁。1994。應用機器視覺進行蕃茄顏色分級之研究。農業機械學刊。

[12] 陳世銘、馮丁樹、張家禎。1995。番茄與柑橘共同型顏色選別指標之研究。農業機械學刊 4(4):47-57。

[13] 楊清富。1993。應用機器視覺進行蕃茄顏色分級之研究。台中：國立中興大學農業機械工程學研究所碩士論文。

[14] 柯建全、黃膺任、艾群。1999。應用影像處理檢測荔枝果皮之顏色變化。農業機械學刊 8(1):p59-68。

[15] 馮斌, 汪懋華 2002年 基于顏色分形的水果計算機視覺分級技術 (中國農業大學) 農業工程學報

[16] 王可 陸長德 樂萬德 2005年 色彩相似性度量的研究與應用 西北工業大學 機電學院

Banana Maturity Grading Test

Teacher :LI,WEN-ZONG

Student: HUANG,JIAN-ZHONG

CAI,HAO-YUAN

YANG,JIN,XIU

Abstract

Banana (for Musaceae, Musa, scientific name *Musapientum* L.) belongs to the banana family monocotyledous large herbaceous plants, Taiwan is located subtropical climate zone, export market gradually establish the concept of quality grading and face the competition in other countries, the method of banana's maturity judgment must be improved in order to meet the requirements of the market. The study of the banana first separates dark green, green with yellow, yellow, yellow with brown spots, brown is greater than yellow into five kinds in artificial way, the use of the camera obtain the color of the banana epidermis, after the program analysis and judgment learns of the banana maturity data, as a distinction between grades.

Keywords: image processing, maturity, color grading, color judgment

附錄

表一、樣本數據

	R	G	B	H	S	L	
1	135.976	113.846	57.8306	32.2311	110.073	114.054	外皮黃色
2	109.203	97.3104	48.9112	36.1649	106.88	95.3469	外皮綠色多於黃色
3	127.896	106.002	54.1867	31.8017	108.693	106.64	外皮黃色
4	110.259	99.4802	49.946	36.6863	107.022	97.0547	外皮綠色多於黃色
5	125.642	105.134	54.8467	32.0602	105.137	105.532	外皮黃色
6	100.075	94.7625	49.8155	40.1598	98.6557	91.2255	外皮綠色多於黃色
7	114.017	99.9734	51.3933	35.0097	105.272	98.633	外皮綠色多於黃色
8	130.862	107.34	53.4374	31.5075	113.341	108.227	外皮黃色
9	148.814	120.796	61.3386	30.8611	111.627	122.401	外皮黃色
10	133.202	104.43	59.1261	27.9129	99.3898	107.894	外皮黃色且分布褐色斑點
11	124.262	95.3194	53.6844	26.0527	102.732	99.2243	外皮黃色且分布褐色斑點
12	127.483	99.1473	54.5396	28.4808	103.672	102.561	外皮黃色且分布褐色斑點
13	168.337	129.426	68.8013	27.1684	108.081	134.239	外皮黃色且分布褐色斑點
14	142.136	109.68	61.6783	25.4491	102.259	113.929	外皮黃色且分布褐色斑點
15	139.687	108.16	60.0059	26.2391	104.302	112.109	外皮黃色且分布褐色斑點
16	114.628	88.3566	50.1549	27.5634	99.2125	91.855	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
17	117.772	89.6966	50.1884	26.198	104.459	93.586	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
18	134.08	103.178	57.4711	26.0686	105.082	107.206	外皮黃色且分布褐色斑點
19	121.528	93.0576	51.7727	26.2349	104.806	96.862	外皮黃色且分布褐色斑點
20	131.655	101.92	57.0591	26.2483	103.164	105.7	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
21	118.328	90.3746	50.5667	26.2486	104.632	94.1925	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
22	113.913	86.4259	48.0179	26.5801	103.893	90.2645	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
23	106.977	82.2134	47.2806	27.1171	96.7215	85.6343	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
24	99.3903	75.2846	43.8951	27.857	96.268	78.9125	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
25	80.6693	61.7479	38.1827	27.8598	87.8258	64.7185	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
26	118.367	90.1805	50.3952	26.3665	103.858	94.0707	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
27	102.345	76.794	43.4607	24.5911	103.115	80.6331	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
28	90.3324	68.2303	41.14	27.4506	92.6033	71.7492	外皮黃黑色但分布黑色斑點較多
29	107.5	144.634	93.1388	75.3431	50.4001	127.659	外皮深綠
30	128.491	172.766	109.542	73.8533	52.3196	152.317	外皮深綠
31	120.74	163.062	102.446	73.5548	53.1682	143.497	外皮深綠
32	111.167	152.133	94.6355	74.2942	54.2289	133.328	外皮深綠

33	150.693	187.343	126.921	72.4094	51.2731	174.009	外皮深綠
34	148.159	141.235	84.3425	41.8354	80.4988	136.819	外皮黃色
35	121.079	121.904	72.9208	45.39	77.8177	116.073	外皮綠色多於黃色
36	144.327	138.25	84.4505	44.3844	75.9044	133.932	外皮綠色多於黃色
37	142.131	137.434	81.6454	42.8733	80.7927	132.478	外皮黃色
38	157.794	149.323	90.3032	40.3267	80.0307	145.126	外皮黃色
39	138.702	135.715	80.704	43.5787	79.2808	130.336	外皮綠色多於黃色
40	133.525	136.561	82.1433	47.7932	75.7374	129.448	外皮綠色多於黃色
41	91.947	100.437	62.1953	55.3063	68.0822	93.5371	外皮深綠
42	133.841	139.424	80.5706	47.5213	80.377	131.043	外皮綠色多於黃色
43	118.976	126.249	75.1551	49.7173	75.845	118.248	外皮綠色多於黃色
44	94.3684	99.9065	62.472	52.4412	69.4023	93.981	外皮深綠
45	123.925	127.781	74.9152	49.1427	78.3967	120.6	外皮綠色多於黃色
46	163.657	152.315	92.3272	39.7412	80.4188	148.871	外皮黃色
47	128.193	125.106	74.3603	44.2761	79.815	120.243	外皮綠色多於黃色
48	153.748	147.115	86.5346	41.6124	82.6272	142.191	外皮黃色
49	135.038	132.51	78.8899	43.7352	79.7338	127.151	外皮綠色多於黃色
50	124.919	137.526	83.6272	53.8295	70.3071	127.61	外皮綠色多於黃色
51	111.985	123.754	74.0969	55.7516	70.6968	114.573	外皮綠色多於黃色

表二、RGB實驗測試(作第二次複判)

	R	G	B	H	S	L	蕉農判斷		電腦判斷
1	130.76	124.722	73.4407	40.1696	106.936	136.143	綠帶黃	第二級	第三級
2	166.303	206.16	85.7575	36.8481	135.189	210.797	黃色	第三級	第三級
3	178.422	146.085	64.0456	32.1641	128.011	146.767	褐色大於黃色	第四級	第四級
4	198.554	139.347	91.347	38.3825	111.168	217.18	黃色	第三級	第三級
5	200.852	119.349	85.8417	65.5085	118.101	198.476	黃色	第三級	第三級
6	204.469	107.156	71.9692	53.1968	121.571	188.718	黃色	第三級	第三級
7	148.547	89.695	79.6969	44.6624	124.576	194.965	黃色	第三級	第三級
8	179.141	139.083	60.2601	26.5819	133.946	144.485	褐色大於黃色	第五級	第四級
9	199.202	147.648	85.1856	35.6925	113.227	149.569	黃色	第三級	第三級
10	106.5291	184.1625	94.1132	55.3007	102.977	75.06	外皮深綠	第一級	第一級
11	154.952	140.908	80.6571	34.7113	104.404	196.805	黃色	第三級	第三級
12	109.348	135.136	72.5517	47.0903	102.765	110.27	黃色	第三級	第三級
13	141.651	132.262	48.7071	39.6348	138.614	125.542	綠帶黃	第二級	第三級
14	168.138	189.33	66.8109	38.4387	147.116	137.857	黃色	第三級	第三級
15	151.484	147.936	70.8979	38.9455	104.904	133.956	黃色	第三級	第三級
16	170.11	92.036	75.4884	59.6193	109.641	137.442	黃色	第三級	第三級
17	125.803	131.024	44.3354	45.7636	140.763	119.579	綠帶黃	第二級	第二級
18	77.174	103.587	64.9569	26.3254	129.765	149.044	褐色大於黃色	第五級	第四級
19	171.8	121.334	70.931	29.539	136.8	175.048	黃色帶有褐色斑點	第四級	第三級
20	173.996	126.611	67.2885	29.0552	140.203	171.698	黃色帶有褐色斑點	第四級	第三級
21	83.151	109.706	63.0782	27.3529	137.183	155.581	褐色大於黃色	第五級	第四級
22	127.9802	186.331	99.1234	56.1291	106.908	176.3575	外皮深綠	第一級	第一級
23	159.119	113.94	44.6989	28.6599	139.05	116.852	褐色大於黃色	第五級	第四級
24	161.5376	173.8376	97.0932	56.5111	95.6961	165.9659	外皮深綠	第一級	第一級
25	123.336	144.772	94.7379	35.4854	127.837	195.549	黃色	第三級	第三級
26	134.454	82.407	48.1566	28.7033	139.255	126.69	褐色大於黃色	第五級	第五級
27	131.994	101.993	42.7261	29.1858	133.518	104.206	褐色大於黃色	第五級	第四級
28	183.93	152.464	81.8032	34.8394	153.435	158.031	黃色	第三級	第三級
29	162.004	140.445	57.6729	27.009	140.144	145.952	黃色帶有褐色斑點	第四級	第四級
30	178.667	133.94	57.822	27.069	135.929	139.102	黃色帶有褐色斑點	第四級	第四級
31	103.916	113.566	53.5672	25.5043	127.125	118.834	褐色大於黃色	第五級	第四級
32	122.0416	184.8153	94.4228	53.024	105.206	85.2492	外皮深綠	第一級	第一級

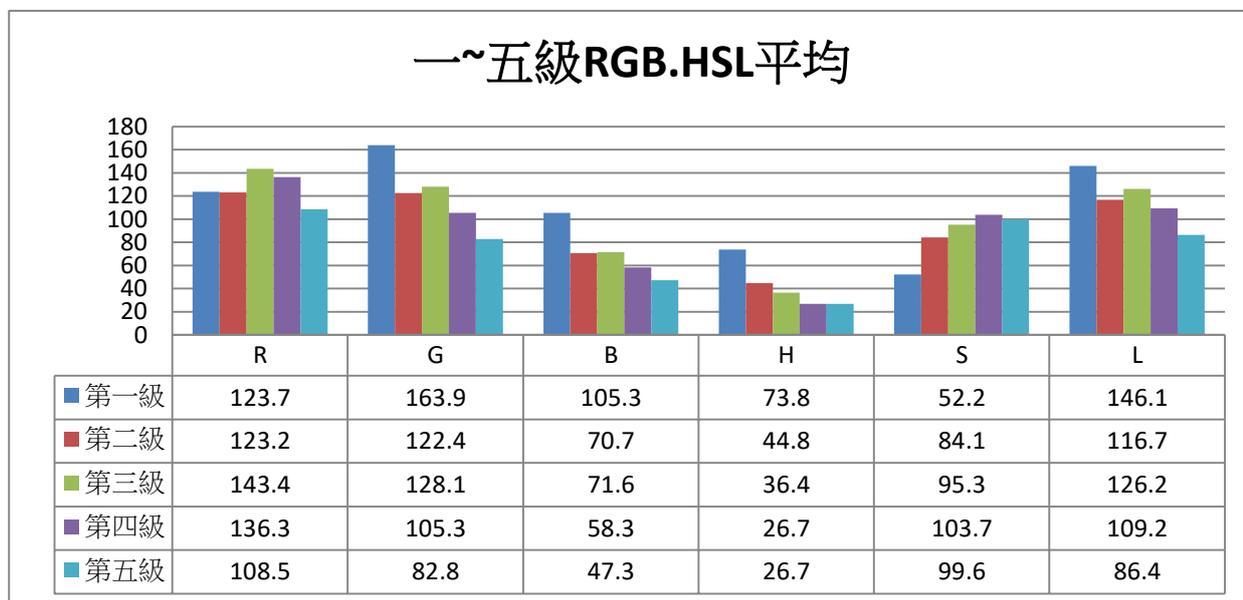
表三、HSL實驗測試(作第二次誤判)

	R	G	B	H	S	L	蕉農判斷		電腦判斷
1	130.76	124.722	73.4407	40.1696	106.936	136.143	綠帶黃	第二級	第三級
2	166.303	206.16	85.7575	36.8481	135.189	210.797	黃色	第三級	第三級
3	178.422	146.085	64.0456	32.1641	128.011	146.767	褐色大於黃色	第四級	第四級
4	198.554	139.347	91.347	38.3825	111.168	217.18	黃色	第三級	第三級
5	200.852	119.349	85.8417	65.5085	118.101	198.476	黃色	第三級	第三級
6	204.469	107.156	71.9692	53.1968	121.571	188.718	黃色	第三級	第三級
7	148.547	89.695	79.6969	44.6624	124.576	194.965	黃色	第三級	第三級
8	179.141	139.083	60.2601	26.5819	133.946	144.485	褐色大於黃色	第五級	第四級
9	199.202	147.648	85.1856	35.6925	113.227	149.569	黃色	第三級	第三級
10	106.5291	184.1625	94.1132	55.3007	102.977	75.06	外皮深綠	第一級	第一級
11	154.952	140.908	80.6571	34.7113	104.404	196.805	黃色	第三級	第三級
12	109.348	135.136	72.5517	47.0903	102.765	110.27	黃色	第三級	第三級
13	141.651	132.262	48.7071	39.6348	138.614	125.542	綠帶黃	第二級	第三級
14	168.138	189.33	66.8109	38.4387	147.116	137.857	黃色	第三級	第三級
15	151.484	147.936	70.8979	38.9455	104.904	133.956	黃色	第三級	第三級
16	170.11	92.036	75.4884	59.6193	109.641	137.442	黃色	第三級	第三級
17	125.803	131.024	44.3354	45.7636	140.763	119.579	綠帶黃	第二級	第二級
18	77.174	103.587	64.9569	26.3254	129.765	149.044	褐色大於黃色	第五級	第四級
19	171.8	121.334	70.931	29.539	136.8	175.048	黃色帶有褐色斑點	第四級	第四級
20	173.996	126.611	67.2885	29.0552	140.203	171.698	黃色帶有褐色斑點	第四級	第四級
21	83.151	109.706	63.0782	27.3529	137.183	155.581	褐色大於黃色	第五級	第四級
22	127.9802	186.331	99.1234	56.1291	106.908	176.3575	外皮深綠	第一級	第一級
23	159.119	113.94	44.6989	28.6599	139.05	116.852	褐色大於黃色	第五級	第四級
24	161.5376	173.8376	97.0932	56.5111	95.6961	165.9659	外皮深綠	第一級	第一級
25	123.336	144.772	94.7379	35.4854	127.837	195.549	黃色	第三級	第三級
26	134.454	82.407	48.1566	28.7033	139.255	126.69	褐色大於黃色	第五級	第五級
27	131.994	101.993	42.7261	29.1858	133.518	104.206	褐色大於黃色	第五級	第四級
28	183.93	152.464	81.8032	34.8394	153.435	158.031	黃色	第三級	第三級
29	162.004	140.445	57.6729	27.009	140.144	145.952	黃色帶有褐色斑點	第四級	第四級
30	178.667	133.94	57.822	27.069	135.929	139.102	黃色帶有褐色斑點	第四級	第四級
31	103.916	113.566	53.5672	25.5043	127.125	118.834	褐色大於黃色	第五級	第四級
32	122.0416	184.8153	94.4228	53.024	105.206	85.2492	外皮深綠	第一級	第一級

表四、RGB和HSL最大最小平均值

		R	G	B	H	S	L
第一級	最大值	150.6	187.3	126.9	75.3	69.4	174.0
	最小值	107.5	144.6	93.1	72.4	52.4	127.6
	平均值	123.7	163.9	105.3	73.8	52.2	146.1
第二級	最大值	144.3	139.4	84.4	55.7	107.0	133.9
	最小值	100.0	94.7	48.9	35.0	70.3	95.3
	平均值	123.2	122.4	70.7	44.8	84.1	116.7
第三級	最大值	163.6	152.3	92.3	42.8	113.3	148.8
	最小值	125.6	105.1	54.1	30.8	80.0	105.5
	平均值	143.4	128.0	71.6	36.4	95.3	126.2
第四級	最大值	168.3	129.4	68.8	28.4	108.0	134.2
	最小值	121.5	93.0	51.7	25.4	99.3	96.8
	平均值	136.3	105.3	58.3	26.7	103.7	109.2
第五級	最大值	131.6	101.9	57.0	27.8	104.6	105.7
	最小值	80.6	61.7	38.1	24.5	87.8	64.7
	平均值	108.5	82.8	47.3	26.7	99.6	86.4

表五、RGB 和 HSL 香蕉樣本平均



運用影像處理方法於蝦苗辨識計數

專題生：楊順安、高德霖、林鈺智

指導老師：李文宗 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題研究將改善原需用人眼來數蝦子的成效，改為透過電腦影像處理大幅提升計算速度，減少人力資源耗損、人為疏失為要旨。這次在影像辨識蝦子上相較以往單純的取固定的閾值後進行追蹤不同，本專題不僅採用了針對群集演算的閾值來執行斑點追蹤，還藉此來提升樣板匹配的準確度，使得平均辨識準確率高達九成。

關鍵字：斑點追蹤、樣式匹配、影像處理。

一、引言

本專題為開發蝦苗計數系統其一環節，主旨在於利用影像處理做即時的計數辨識。在取得影像後進入影像的特徵處理，利用"斑點追蹤"及"樣式匹配"兩大影像處理手法為基底，調整各個細節參數以取得辨識率良好的辨識計數。

本系統利用 NI LabVIEW 軟體提供的前板作為人機介面端，依據不同色彩種類的蝦種選擇最佳之影像色彩平面，提高蝦子特徵的辨識率。

二、研究內容與方法

2.1 器材規格與配置

表 2-1 Basler acA1300-30gc CCD 規格^[6]

型號	Basler acA1300-30gc
解析度	1294x964(H x V pixels)
接頭形式	GigE
每幀速率	30 fps

表 2-2 CCTV LENSES 規格^[7]

型號	MK1214
焦距	12mm

如圖 2-1 所示，本專題的重點為影像處理及即時辨識，其中待測物的光源及拍攝環境也是相當重要的變因。

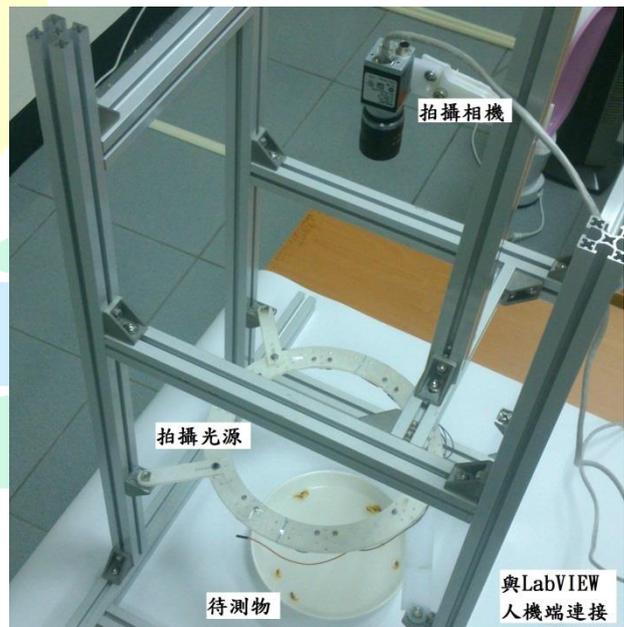


圖 2-1 整體配置

2.2 LabVIEW

LabVIEW 提供圖形化的程式設計介面，和其他文字式語言不同，透過單一開發環境，簡化初階的複雜細節並利用卓越的技术整合出必要模組的溝通系統，進一步提高生產力^{[6][7]}。

2.3 RGB 色彩空間 (Color plane)

在色彩平面的處理選用 RGB 色彩空間，以本實驗樣本的橘色米蝦為例，提取出單一色彩平面會使特徵辨識明顯，並且與底色背景產生差異。屬紅色色彩平面的影像前處理最易辨識，將影像由 RGB 色彩空間提取出紅色色彩平面。

RGB (紅色 Red, 綠色 Green, 藍色 Blue) 色彩空間的模型對映到一立方體 (圖 3)。

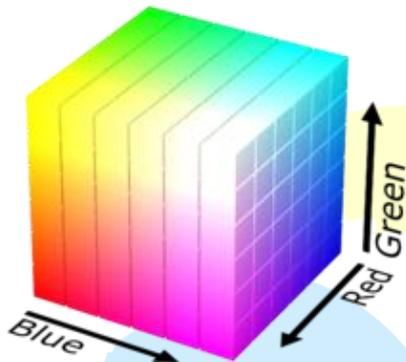
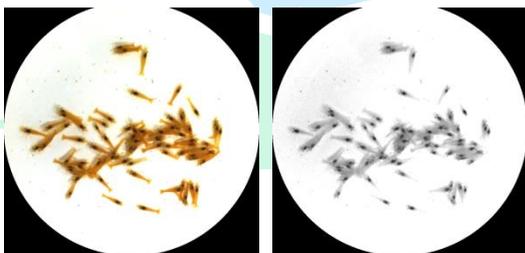
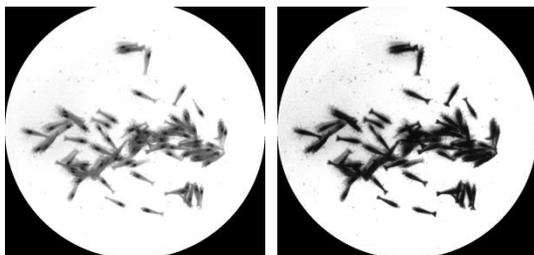


圖 2-2 RGB 色彩空間模型

水平的 x 軸代表紅色，向左增加。y 軸代表藍色，向右下方向增加。豎直的 z 軸代表綠色，向上增加。原點代表黑色，遮擋在立方體背面^[10]。



(a)原色 (b)紅色色彩平面



(c)綠色色彩平面 (d)藍色色彩平面

圖 2-3 取單一色彩平面，使特徵與背景產生最大差異

2.4.1 灰階轉換 (Gray-level transformation)

灰階轉換是將影像從色彩三維數據轉變為由黑到白 (0~255) 之一維線性漸層。與每 pixel 中有三個值的彩色空間相比，灰階影像每 pixel 只有一個值，使得處理及運算更加便捷與快速，並且也能套用於更多種影像處理手法。

2.4.2 二值化(Threshold)

二值影像係以 0 至 255 區間作為閾值範圍並構成之影像。二值化處理將影像取一閾值作為 t ，定義在該區間 t 內的數值為 1(白色)，不屬於區間 t 外的數值則為 0(黑色)。以下為二值化公式：

$$f_t(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2-1})$$

2.4.3 自動二值化(Auto Threshold)

自動二值化係閾值演算法，列出此研究所使用過的五種閾值演算法，分別為聚類分析(clustering)、熵(entropy)、度量(metric)、力矩向量(moments)、班間差異(inter-class variance)，取其中對蝦隻辨識成果較好的三者: clustering、metric、inter-class variance，並做進一步的選擇分析。

2.4.4 膨脹和侵蝕 (Dilation & Erosion)

膨脹為在二值影像中，使物體加厚或放大的一種運算。膨脹運算的程度，是由元素結構 (structuring element，在此指圖像像素) 的形狀來控制，反之侵蝕則與膨脹相反，使二值影像中的物體變薄或收縮^[11]。

2.5 斑點追蹤(Blob tracking)

斑點追蹤，在影像處理中，與周圍區域相比，斑點追蹤會在檢測數位影像中不同性質 (例如亮度或顏色) 的區域。斑點塊是將其中一些性質認定為圖像區域並且標定出編號如圖 2-4 即為將白色圖塊部分設為斑點追蹤之標定目標並標定上綠色標號。

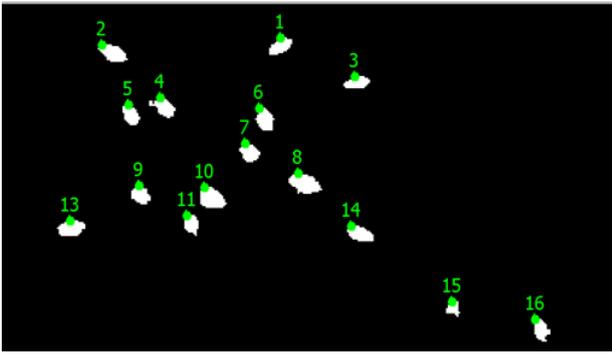


圖 2-4 斑點追蹤

2.6 樣式匹配(Pattern matching)

樣式匹配，利用樣板與圖面做比對，得到與其相符的圖像資訊之比例(千分比)。若將其門檻設定為 900，則辨識的物體就須與樣板有九成相似。藉此本專題將已知蝦子的特徵利用遮罩(Mask)遮蔽掉，過濾掉已成功判斷的蝦隻，即可針對尚未判斷的蝦隻做處理，並且該法係針對在斑點追蹤無法追蹤的蝦隻，其通常具有小隻或者腦袋顏色淡的特性。

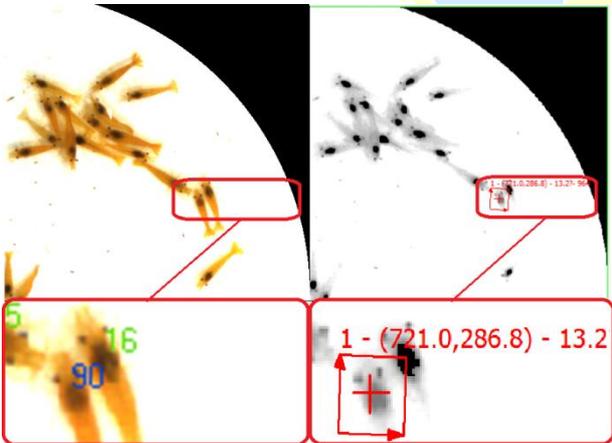


圖 2-5 分布二(90 隻蝦)樣式匹配

2.7 光源

在本實驗中，採用的光源是擁有較穩定光場強度的 LED 燈珠，並與 AC 轉 DC 的變電器搭配接線。由於蝦子在水面之下，因此水面的反光又成了一個問題，因此將 LED 採用環狀陣列的編排(圖 2-6)，圍繞著 CCD，使 CCD、LED 燈、待測物範圍呈現同軸心的

擺設(如圖 2-1)，即可解決。背光式光源擁有較良好的邊緣特徵，卻不適用是因為，它會使特徵辨識所需的蝦子彩色資訊大幅減少(形成接近黑色的背影)。



圖 2-6 LED 環形燈

2.8 雷射雕刻

環形 LED 燈珠燈座的繪製設計使用了 SolidWorks 繪圖軟體繪製，材料採用 5mm 壓克力板，並利用雷射雕刻機(圖 2-7)切割出環狀燈座。



圖 2-7 台灣三軸科技-桌上型雷射雕刻機^[12]

2.8 實驗：影像辨識與蝦苗計數

於影像做出即時的計數辨識。在影像的特徵處理中，本專題在"斑點追蹤"為主、"樣式匹配"為輔的基底下進行，導入影像後進行斑點追蹤，爾後進入判斷是否有蝦群聚集的狀況，視其情形做二次斑點追蹤，接著利用先前已取得蝦苗位置資料，區隔出尚未判斷的蝦苗，接著便進入樣式匹配做最後計數的動作。視蝦種之不同可變換色彩平面或是二值化方法以取得良好辨識率的辨識計數。

三、結果與討論

在實驗中，遇到聚集甚至嚴重群集的蝦隻分布時會使影像辨識率下降；反之較分散之蝦苗計數辨識結果相對會相對許多，當蝦苗群聚集的狀況減輕，將能大幅減少漏判或誤判發生的情形。

3.1 人機介面

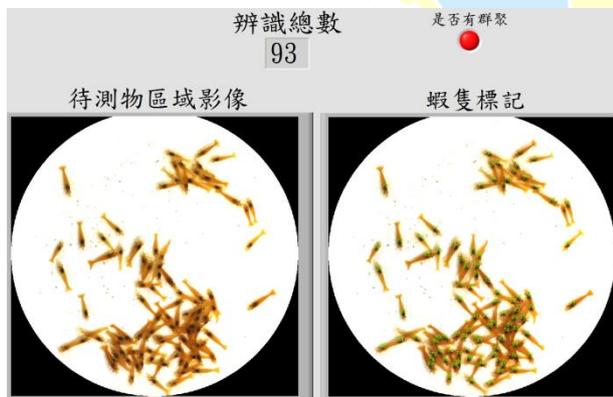


圖 3-1 人機介面

當蝦群聚集時單單進行一次斑點追蹤如圖 2-4 無法做出良好的辨識前處理，此時便利用斑點追蹤(針對群集)如圖 3-3，做出另一個二值化提供出先前無法分辨的影像處理，並且處理的影像效果也十分良好。

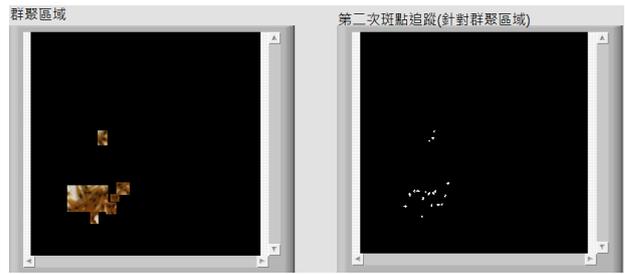


圖 3-2 斑點追蹤(針對群聚)

3.2 程式流程圖

影像處理程式流程如圖 3-3 所示，載入影像之後對影像進行校正，利用色彩校正版取得正確的蝦隻色彩資訊，使得色彩空間之選取更加正確。爾後選取最適色彩空間後，進入自動閾值進行二值化，取得的二值畫面尚存雜質(非蝦腦特徵)，要使用侵蝕及膨脹使特徵外之圖像消除，接著便進入斑點追蹤進行即時分析獲取位置及面積等重要蝦隻資訊，若有群聚出現會亮起群聚警示燈(如 3-1 右上紅燈)，使程式從自動二值化開始再次的斑點追蹤，若辨識無群聚便取得數量 A，接著進入最後的樣式匹配，針對斑點追蹤無法處理之蝦子，並且取得數量資訊。

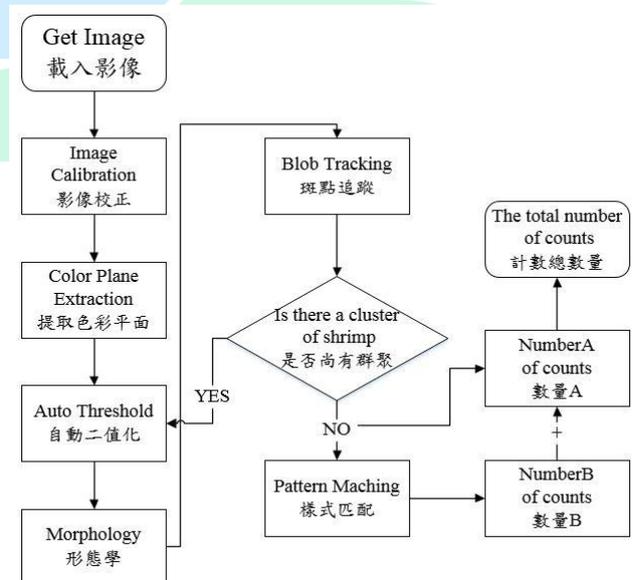


圖 3-3 影像處理：程式流程圖

3.3 實驗結果：辨識的障礙排除

初次影像處理的「斑點追蹤」可以明顯地辨別出於蝦群外的單獨蝦子身影，甚至蝦群比較零散的情況下全數判斷成功。當蝦子開始群聚時，由於環形燈光會使蝦子的身影周圍產生一圈影子，導致蝦群變密集時會使陰影部分變暗，使得灰階長條圖的高峰分布數值往 0 靠近(群聚的區塊整體變暗)，進而導致每隻蝦子的灰階數據差異變大，產生漏判的錯誤數據。

於是乎利用拍攝的蝦苗樣本的平均大小選取出不合理大小者，並且針對該區塊另做一次「斑點追蹤」。但是只利用大小判斷是否為重複太為草率，因此運用了遮罩(Mask)，將單獨(已辨識成功者)的蝦子遮蔽掉特徵部位，如此便得出雙重的判斷標準，當以下兩種條件都符合者，便將其視為尚未辨識成功之蝦子：

- 1.總面積大小過大之蝦群
- 2.特徵尚存之蝦苗

3.4 實驗數據

以 1.clustering(聚類分析)、2.metric(度量)、3.inter-class variance(斑間差異)這三個方法來舉例。由表 3-1、表 3-2、表 3-3 的分布(群聚型態)及數量(附錄表 A)與誤差率關係圖可知，蝦子辨識在數量上並不呈現絕對關係。在分布 8(數量 60)時更可發現三個方法都嚴重誤差來到了 30%以上，可見辨識的難度還是著重在於是否群聚及重疊，與數量並沒有絕對關係，當蝦群群聚便會出現誤判的可能。

“分布”即為本專題將蝦群聚集方式類似的影像作成一個整理，相同數量下類似的群聚歸類在”分布 N”，結果如圖表 3-1、3-2、3-3。可以發現在三種方法中，分布 8(圖 3-4)到分布 10(圖 3-6)出現了最嚴重的誤差，出現誤差的主因是：蝦隻重疊導致二值化時，無法將兩隻蝦子切割開來，使斑點追蹤認定為只有一隻蝦子。

表 3-1 方法 1. clustering 與數量之標準差關係

clustering-聚類分析	最大誤差值(%)	最小誤差值(%)	標準差(隻數)
分布 1	21.0%	14.0%	2.231
分布 2	10.0%	0.0%	3.887
分布 3	10.0%	0.0%	2.742
分布 4	27.5%	7.5%	5.541
分布 5	18.8%	0.0%	5.612
分布 6	15.7%	0.0%	4.760
分布 7	30.0%	5.0%	7.280
分布 8	31.7%	11.7%	5.333
分布 9	20.0%	7.5%	3.120
分布 10	32.0%	5.0%	5.985
分布 11	20.0%	0.0%	5.189
分布 12	20.0%	0.0%	6.726

表 3-2 方法 2.metric 與數量之標準差關係

metric-度量	最大誤差值(%)	最小誤差值(%)	標準差(隻數)
分布 1	23.0%	11.0%	3.177
分布 2	16.7%	0.0%	4.193
分布 3	25.6%	2.2%	6.364
分布 4	25.0%	5.0%	5.363
分布 5	23.8%	1.4%	6.749
分布 6	15.7%	4.3%	3.544
分布 7	28.3%	3.3%	6.850
分布 8	30.0%	13.3%	5.512
分布 9	20.0%	2.5%	3.731
分布 10	26.0%	7.5%	5.541
分布 11	20.0%	0.0%	5.590
分布 12	25.0%	5.0%	6.901

表 3-3 方法 3.inter-class-variance 與數量之標準差關係

inter-class-variance- 班間差異	最大誤差值(%)	最小誤差值(%)	標準差 (隻數)
分布 1	22.0%	14.0%	2.555
分布 2	12.2%	0.0%	3.511
分布 3	10.0%	1.0%	2.329
分布 4	27.5%	6.3%	5.580
分布 5	20.0%	1.4%	5.612
分布 6	15.7%	1.4%	4.760
分布 7	30.0%	3.3%	6.848
分布 8	31.7%	11.7%	5.669
分布 9	17.5%	7.5%	2.587
分布 10	26.0%	7.5%	4.871
分布 11	15.0%	0.0%	6.071
分布 12	25.0%	0.0%	6.455

在三種方法中，分布 2(數量 90 隻)的影像辨識率有最好的表現，平均 93.24%辨識率(如附錄表 A-2 至附錄表 A-4)。並且從表中可知方法的特性與標準差的分布還有蝦群分布狀況有關。自動閾值主要針對於群集並分散的影像有較良好的辨識特性，對於群聚區域太過集中的蝦群就無法展露長處，極端群聚(圖 3-8)就是辨識中相當大的難題。

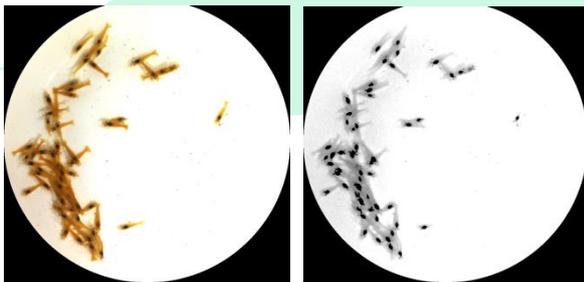


圖 3-4 米蝦分布 8 之聚集變化與辨識率關係

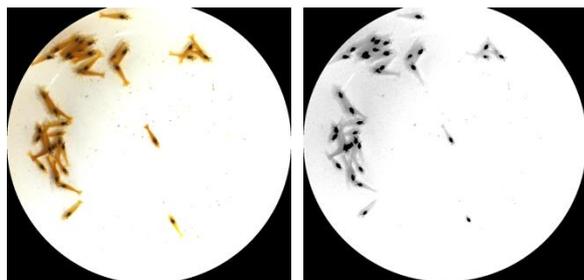


圖 3-5 米蝦分布 9 之聚集變化與辨識率關係

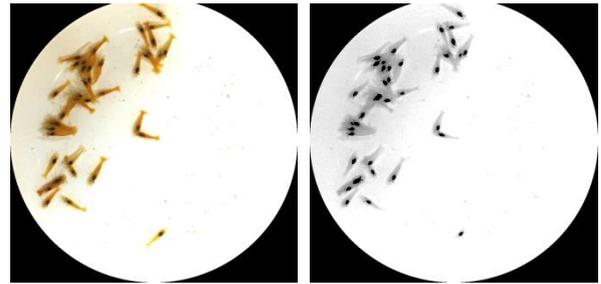


圖 3-6 米蝦分布 10 之聚集變化與辨識率關係

從以上 3 張表(表 3-1 至表 3-3)來得出三種方法的標準差及誤差特性，並且利用標準差也可以迅速觀察出三個方法皆有不同適宜運算圖樣，在分布 9 選擇方法 3.inter-class-variance(班間差異)是最適當的，它具有最低幅度的標準差以及最小的最大誤差，方法 1. clustering-聚類分析可能就比較不適合在分布 7，與其他兩者相比他離散程度更大、標準差更差。

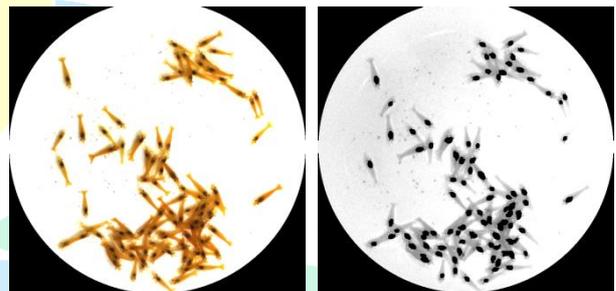


圖 3-7 米蝦數量 100 之部分聚集

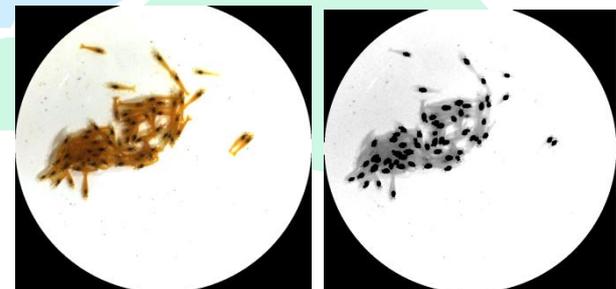


圖 3-8 米蝦數量 60 之部分聚集

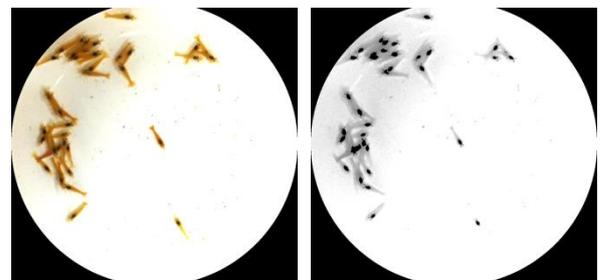


圖 3-9 米蝦數量 50 之部分聚集

四、結論

本專題將蝦苗的辨識計數從斑點追蹤到樣式匹配，並將數種演算法建立起資料庫，並紀錄分析出蝦苗在計數辨識上的相對優劣。電腦相較於人工計數已經大幅提升辨識速度，如能有效降低群聚將能降低辨識的難度及誤差，使辨識率最好的表現平均 93.24% 辨識率。本專題主要以影像處理為基底來執行，研究單以影像處理解決重疊群聚的方式。在選用的三種演算方法中，有不一樣的誤差離散分布(標準差)，往後可以依此特性建立出何種群聚狀態適用於哪種演算方法。

蝦子在辨識的部分因形狀、大小與色彩的差異分布廣，加上水面易有反光導致諸多問題產生；辨識需將圖面雜訊排除，方能順利尋找正確目標物之特徵。

在此待改進的方面有，蝦隻在重疊的分辨手段中，可增加更進階的影像處理手法像是針對生物特徵進行的色彩辨識^[1]、色彩樣式比對，向量特徵比對^{[2][4]}，切割細胞的橢圓形狀邊緣切割^[3]，在影像前處理(光源)的部分則可以嘗試利用公式來改變光亮 Gamma 曲線或者利用背景相減^[5]，降低蝦苗之間的差異，提升蝦苗與背景的對比。

五、致謝

我要特別感謝 指導教授李文宗一直以來的教導，他不只在我的專題進行時一路循循善誘，不論是進修的教導，抑或是學術研究的認真態度都是我學習的榜樣，景仰的楷模。用心的指正，才使我得以完成專題。

另外，感謝陳清同學長不論颱風下雨，堅守在我們身旁，如同他的教誨一般刻骨銘心的深深牢記在我們心中，他的淵博學識帶給我們許多啟發，使我們能有紮實的訓練基礎。感謝王星萌學長，他對程式的見解是我們在編寫程式時的重要參考依據，提出關鍵性的意見，惠我良多。也謝謝共同組成隊伍的我們，高德霖、林鉞智及楊順安，少了互相的協助及討論；少了不同的思路及看法，我們是無法順利完成專題的。

最後感謝家人的愛與支持。

六、參考文獻

1. 學位論文：

- [1] 陳世杰, 2012, 「即時生物追蹤系統」, 碩士學位論文, 崑山科技大學。
- [2] 黃彥文, 2010, 「果蠅動態行為之影像追蹤研究」, 碩士學位論文, 國立清華大學。
- [3] 陳裕璋, 2012, 「影像應用於血球計數盤上的細胞計數」, 碩士學位論文, 國立中正大學。
- [4] 周家弘, 2007, 「結合動態輪廓模型與移動向量之多物件即時追蹤系統」, 碩士學位論文, 崑山科技大學。
- [5] 林道通, 2008, 「多種距離之物件追蹤與人形計數」, 碩士學位論文, 國立台北大學。

2. 網路資料：

- [6] Basler AG(2017), , BaslerWeb。2017 年 7 月日, 取自：
<http://www.baslerweb.com/en/products/cameras/area-scan-cameras/ace> 「Basler aca - Area Scan Cameras」。
- [7] optart 株式会社, MK-C SERIES2/3" 5 百萬畫素感測器對應。取自：
https://www.optart.co.jp/tw/cctv_lens/mk-c/2/3"感測器對應 CCTV。
- [8] National Instruments Corporation(2014), LabVIEW 有哪些用途? 2014 年 12 月 12 日, 取自：
<http://www.ni.com/labview/why/graphical-programming>

/zht/ NILabVIEW-降低複雜度。

[9] National Instruments Corporation, Simon Hogg(2015): 新聞報。2015 年 11 月 29 日, 取自:
<http://www.ni.com/newsletter/51675/zht/LabVIEW> 還是 C?(要不要換個問題?)。

[10] 洪文琦,「Color Space 的介紹與 ImageJ 的使用」
取自:

https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj65768g-DTAhXDFpQKHwu3BM4QFggkMAA&url=http%3A%2F%2Fdisp.ee.ntu.edu.tw%2Fclass%2FColor%2520Spaces.docx&usg=AFQjCNFLKtMfpgLo_Dw2pMceHAmVylo8VQ Color Space.docx。

[11] WordPress, 阿洲(2015), 2015 年 11 月 26 日,
取自:
<http://monkeycoding.com/?p=577> 「OpenCV 侵蝕、膨脹(erode、dilate)| 阿洲的程式教學」。

[12] 台灣三軸科技, (2006), 取自:
<http://3axle.com/category/dcseries-lasermarkingandcuttingmachine/> 「非金屬雷射切割雕刻機系列」。

附錄

Shrimps Counting by Image Processing Techniques

Shun-an, Yang、Yuezhi, Lin、Delin, Kao

Department of Biosystems Engineering

National Pintung University of Science and Technology

Abstract

The purpose of this study was to improve the counting by human eyes as well as to increase the efficiency and recognition rates, reduce manpower waste and the human errors. Shrimp image recognition now is different

from taking and tracking the simple fixed threshold in the past. This project not only took for the aggregation of the threshold to perform blob tracking but also to improve the accuracy of pattern matching.

附錄 A 表 A-1

clustering-聚類分析	metric-度量	inter-class-variance- 班間差異	實際值	張數
79	89	85	100	1
82	78	79	100	2
81	83	79	100	3
85	85	86	100	4
84	85	84	100	5
80	81	80	100	6
80	78	79	100	7
81	78	80	100	8
82	83	83	100	9
79	79	80	100	10
83	80	83	100	11
85	83	84	100	12
86	84	84	100	13
83	84	84	100	14
81	81	79	100	15
82	82	82	100	16
84	83	83	100	17
86	86	86	100	18
84	79	82	100	19
80	77	78	100	20

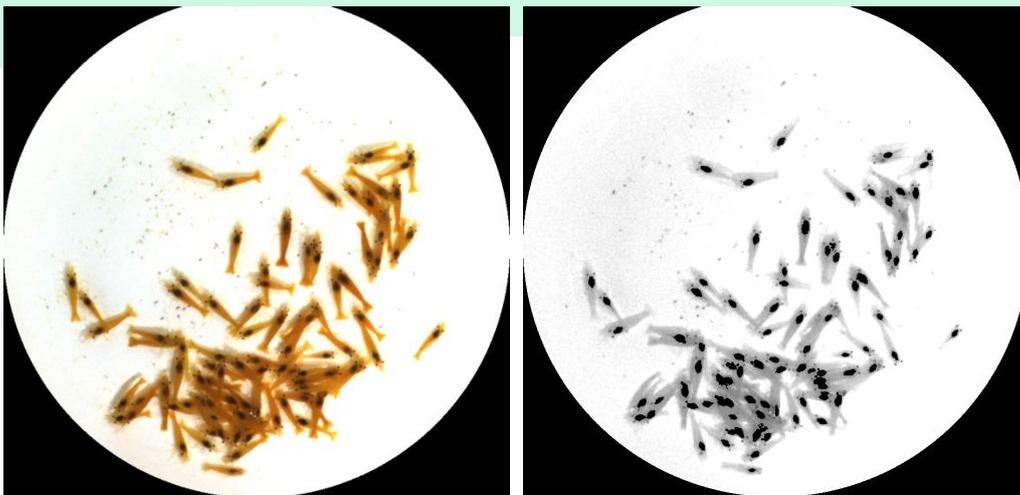


圖 A-1 張數 1 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 1 攪動位移。

附錄 A 表 A-2

clustering-聚類分析	metric-度量	inter-class-variance- 班間差異	實際值	張數
93.33	83.33	93.33	90	21
102.22	100.00	101.11	90	22
102.22	97.78	98.89	90	23
102.22	98.89	100.00	90	24
101.11	95.56	97.78	90	25
98.89	94.44	94.44	90	26
95.56	92.22	94.44	90	27
95.56	94.44	96.67	90	28
98.89	93.33	98.89	90	29
96.67	94.44	95.56	90	30
96.67	93.33	94.44	90	31
97.78	94.44	95.56	90	32
92.22	88.89	90.00	90	33
97.78	95.56	94.44	90	34
93.33	94.44	93.33	90	35
90.00	91.11	92.22	90	36
90.00	87.78	87.78	90	37
92.22	85.56	90.00	90	38
95.56	95.56	94.44	90	39
93.33	92.22	91.11	90	40

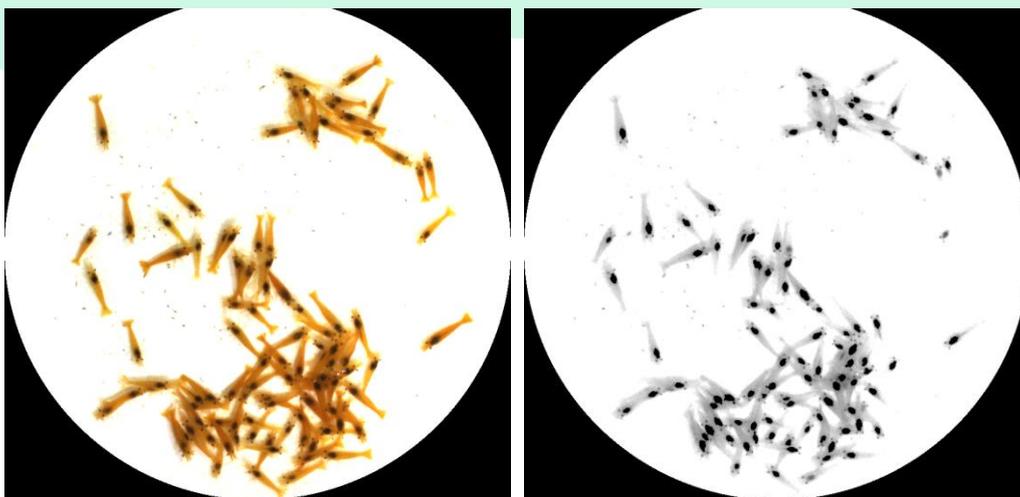


圖 A-2 張數 21 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 21 攪動位移。

附錄 A 表 A-3

clustering-聚類分析	metric-度量	inter-class-variance- 班間差異	實際值	張數
93.33	93.33	93.33	90	41
97.78	83.33	96.67	90	42
93.33	80.00	94.44	90	43
96.67	77.78	95.56	90	44
91.11	91.11	92.22	90	45
91.11	88.89	91.11	90	46
91.11	87.78	93.33	90	47
90.00	85.56	91.11	90	48
92.22	91.11	93.33	90	49
98.89	97.78	97.78	90	50
94.44	95.56	96.67	90	51
92.22	92.22	92.22	90	52
97.78	90.00	96.67	90	53
94.44	95.56	94.44	90	54
96.67	74.44	95.56	90	55
94.44	75.56	94.44	90	56
94.44	81.11	90.00	90	57
98.89	84.44	98.89	90	58
100.00	82.22	96.67	90	59
93.33	90.00	92.22	90	60

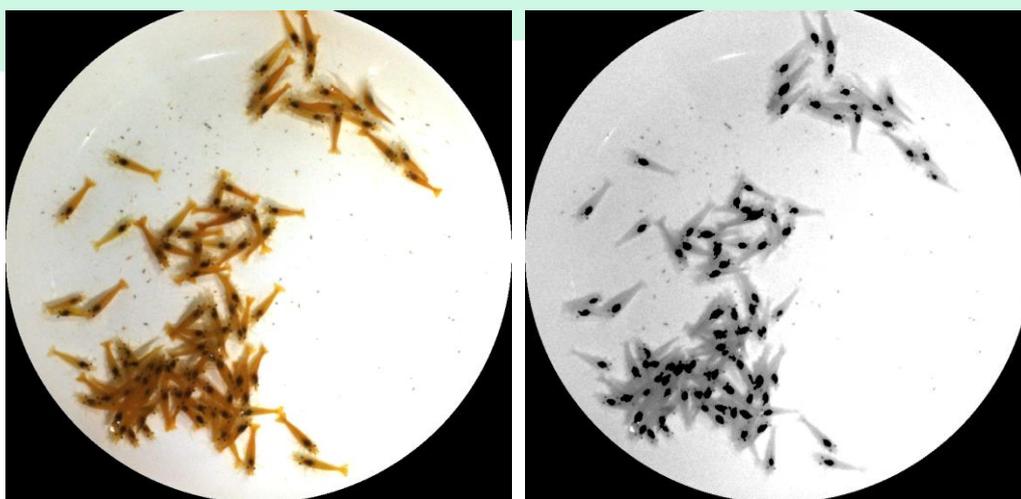


圖 A-3 張數 41 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 41 攪動位移。

附錄 A 表 A-4

clustering-聚類分析	metric-度量	inter-class-variance- 班間差異	實際值	張數
93.33	92.22	92.22	90	61
93.33	93.33	92.22	90	62
94.44	93.33	93.33	90	63
90.00	91.11	90.00	90	64
91.11	91.11	92.22	90	65
93.33	93.33	93.33	90	66
94.44	94.44	93.33	90	67
91.11	92.22	91.11	90	68
94.44	95.56	95.56	90	69
107.50	105.00	106.25	80	70
83.75	81.25	82.50	80	71
82.50	81.25	82.50	80	72
82.50	76.25	78.75	80	73
78.75	80.00	80.00	80	74
85.00	81.25	85.00	80	75
85.00	85.00	85.00	80	76
86.25	85.00	86.25	80	77
85.00	87.50	86.25	80	78
82.50	83.75	83.75	80	79
80.00	81.25	78.75	80	80

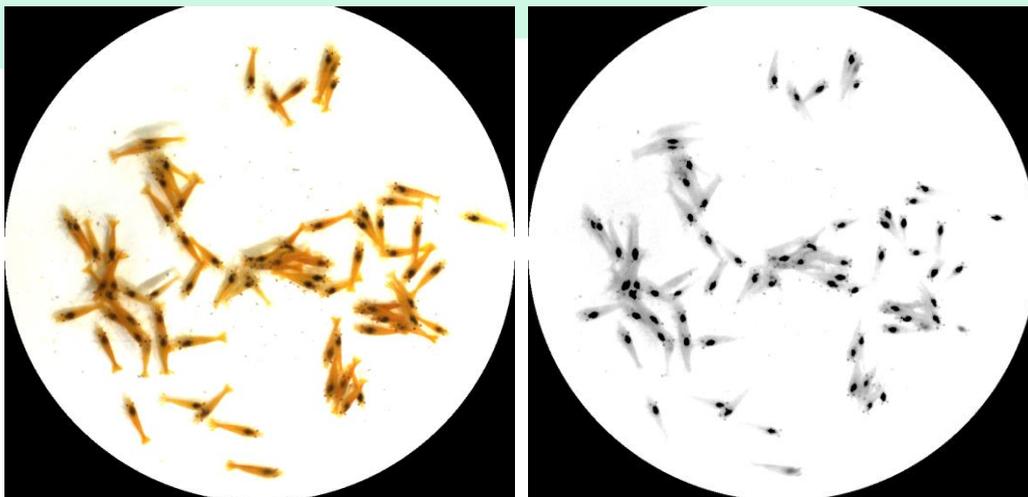


圖 A-4 張數 70 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 70 攪動位移。

附錄 A 表 A-5

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
87.50	83.75	86.25	80	81
82.50	85.00	85.00	80	82
82.50	78.75	80.00	80	83
82.50	82.50	82.50	80	84
81.25	78.75	81.25	80	85
80.00	77.50	81.25	80	86
85.00	81.25	86.25	80	87
82.50	81.25	83.75	80	88
82.50	81.25	83.75	80	89
81.25	83.75	83.75	80	90
77.50	75.00	77.50	80	91
72.50	75.00	72.50	80	92
80.00	80.00	78.75	80	93
81.25	80.00	81.25	80	94
78.75	78.75	78.75	80	95
81.25	80.00	78.75	80	96
80.00	77.50	80.00	80	97
81.25	82.50	77.50	80	98
78.75	77.50	78.75	80	99
81.25	76.25	80.00	80	100

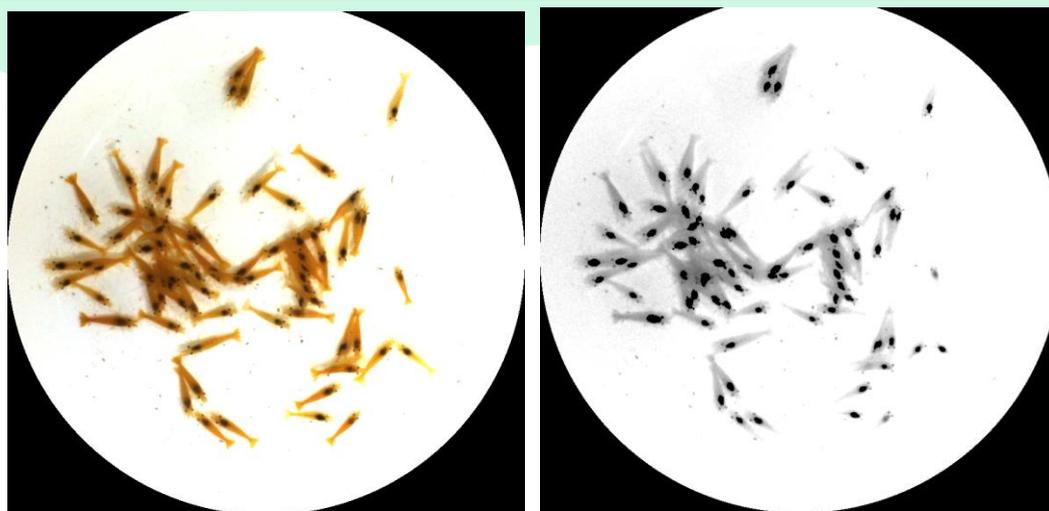


圖 A-5 張數 100 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 100 大幅位移。

附錄 A 表 A-6

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
97.14	95.71	98.57	70	101
87.14	84.29	85.71	70	102
91.43	88.57	88.57	70	103
92.86	85.71	90.00	70	104
87.14	87.14	88.57	70	105
88.57	90.00	88.57	70	106
94.29	98.57	94.29	70	107
97.14	102.86	95.71	70	108
100.00	97.14	101.43	70	109
95.71	95.71	97.14	70	110
104.29	101.43	105.71	70	111
101.43	102.86	102.86	70	112
90.00	95.71	92.86	70	113
87.14	91.43	90.00	70	114
90.00	91.43	91.43	70	115
90.00	87.14	90.00	70	116
94.29	92.86	92.86	70	117
92.86	94.29	94.29	70	118
88.57	97.14	90.00	70	119
88.57	92.86	88.57	70	120

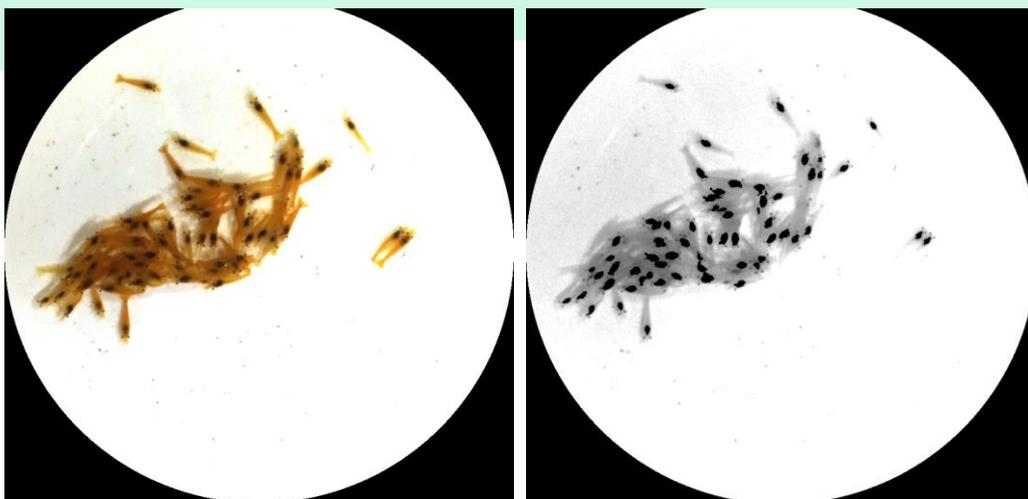


圖 A-6 張數 101 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 101 攪動位移。

附錄 A 表 A-7

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
100.00	92.86	98.57	70	121
92.86	88.57	92.86	70	122
92.86	90.00	94.29	70	123
92.86	88.57	91.43	70	124
94.29	92.86	91.43	70	125
97.14	94.29	92.86	70	126
94.29	94.29	94.29	70	127
88.57	87.14	88.57	70	128
90.00	85.71	88.57	70	129
84.29	85.71	84.29	70	130
100.00	95.71	94.29	70	131
90.00	85.71	87.14	70	132
98.57	91.43	92.86	70	133
97.14	94.29	95.71	70	134
88.57	84.29	88.57	70	135
84.29	88.57	84.29	70	136
90.00	88.57	91.43	70	137
90.00	91.43	94.29	70	138
87.14	85.71	85.71	70	139
105.00	103.33	103.33	60	140

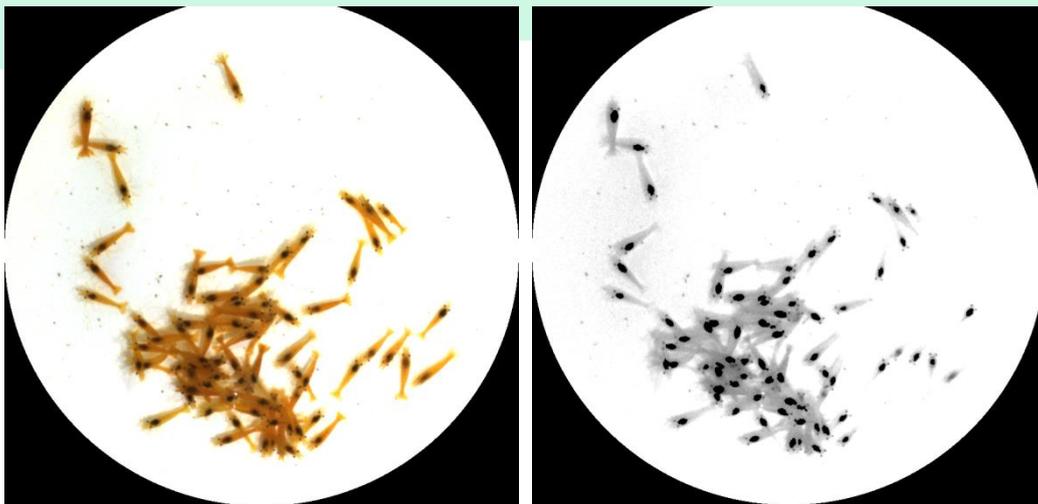


圖 A-7 張數 120 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 120 攪動位移。

附錄 A 表 A-8

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
75.00	78.33	75.00	60	141
81.67	80.00	81.67	60	142
83.33	80.00	80.00	60	143
86.67	85.00	86.67	60	144
81.67	85.00	81.67	60	145
76.67	80.00	80.00	60	146
83.33	86.67	83.33	60	147
75.00	75.00	75.00	60	148
80.00	80.00	81.67	60	149
80.00	83.33	80.00	60	150
76.67	75.00	76.67	60	151
73.33	75.00	73.33	60	152
70.00	73.33	70.00	60	153
88.33	80.00	86.67	60	154
81.67	76.67	80.00	60	155
80.00	71.67	78.33	60	156
78.33	75.00	81.67	60	157
80.00	76.67	83.33	60	158
75.00	81.67	75.00	60	159
68.33	73.33	68.33	60	160

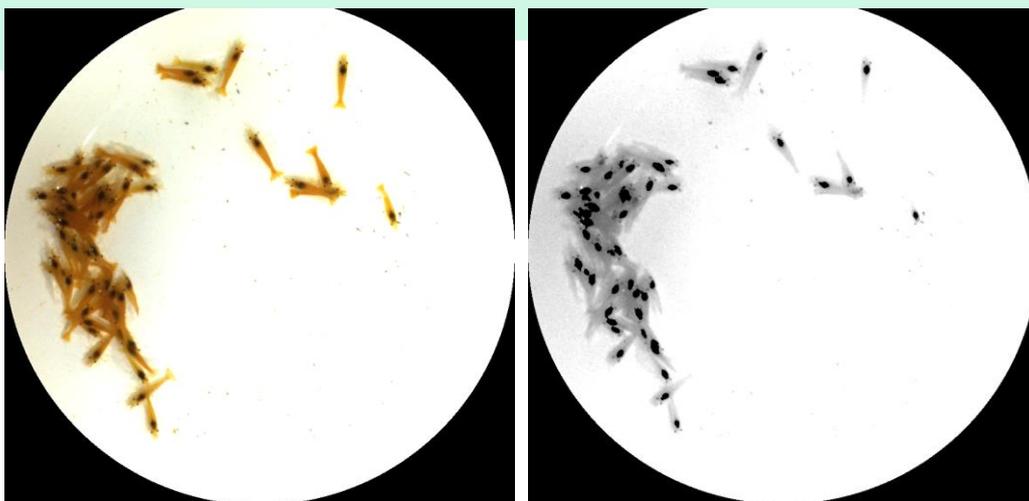


圖 A-8 張數 140 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 140 攪動位移。

附錄 A 表 A-9

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
83.33	85.00	85.00	60	161
86.67	83.33	88.33	60	162
86.67	85.00	86.67	60	163
85.00	83.33	86.67	60	164
88.33	86.67	86.67	60	165
76.67	80.00	80.00	60	166
76.67	78.33	78.33	60	167
81.67	76.67	78.33	60	168
83.33	83.33	83.33	60	169
86.67	85.00	85.00	60	170
81.67	80.00	81.67	60	171
83.33	81.67	81.67	60	172
75.00	73.33	73.33	60	173
78.33	75.00	78.33	60	174
78.33	70.00	76.67	60	175
78.33	75.00	78.33	60	176
76.67	70.00	75.00	60	177
71.67	71.67	71.67	60	178
78.33	73.33	73.33	60	179
78.33	73.33	76.67	60	180

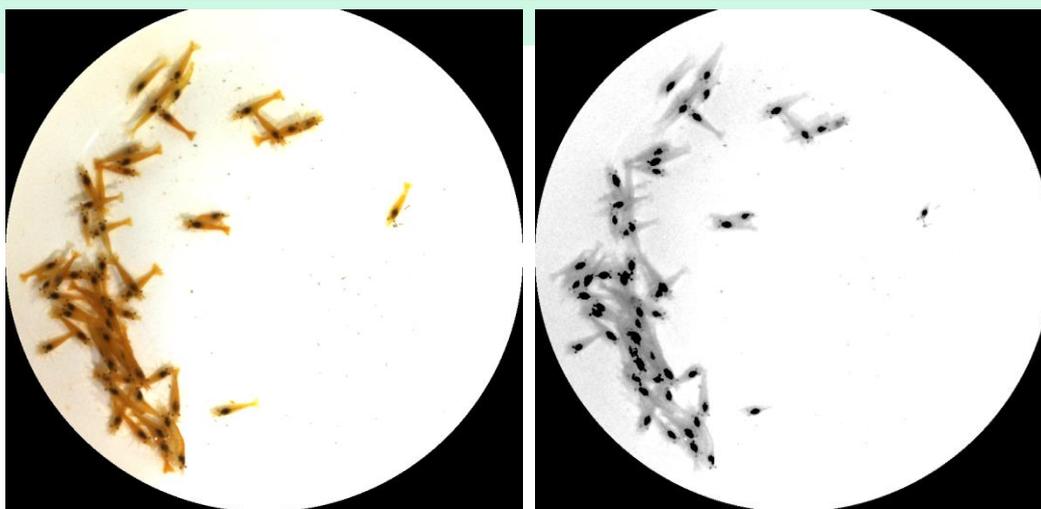


圖 A-9 張數 160 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 160 攪動位移。

附錄 A 表 A-10

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
80	80	82.5	40	181
87.5	85	87.5	40	182
85	85	85	40	183
87.5	80	87.5	40	184
85	82.5	85	40	185
92.5	87.5	90	40	186
90	87.5	90	40	187
90	90	92.5	40	188
90	87.5	90	40	189
90	85	90	40	190
90	92.5	90	40	191
92.5	95	90	40	192
90	92.5	90	40	193
90	92.5	92.5	40	194
85	85	85	40	195
90	97.5	90	40	196
92.5	92.5	92.5	40	197
85	95	87.5	40	198
85	92.5	95	40	199
95	95	92.5	40	200

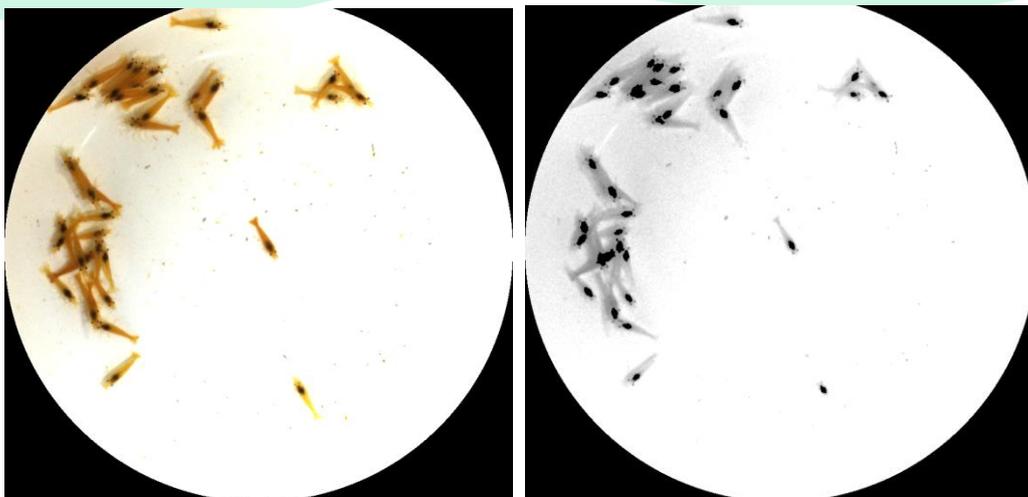


圖 A-10 張數 180 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 180 攪動位移。

附錄 A 表 A-11

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
90	82.5	90	40	201
95	92.5	92.5	40	202
90	90	90	40	203
87.5	92.5	90	40	204
90	92.5	90	40	205
87.5	87.5	87.5	40	206
90	92.5	90	40	207
87.5	90	87.5	40	208
90	92.5	90	40	209
87.5	92.5	87.5	40	210
87.5	85	87.5	40	211
85	87.5	87.5	40	212
85	90	85	40	213
85	87.5	85	40	214
90	92.5	92.5	40	215
92.5	92.5	90	40	216
92.5	92.5	90	40	217
90	92.5	92.5	40	218
90	92.5	90	20	219
105	100	105	20	220

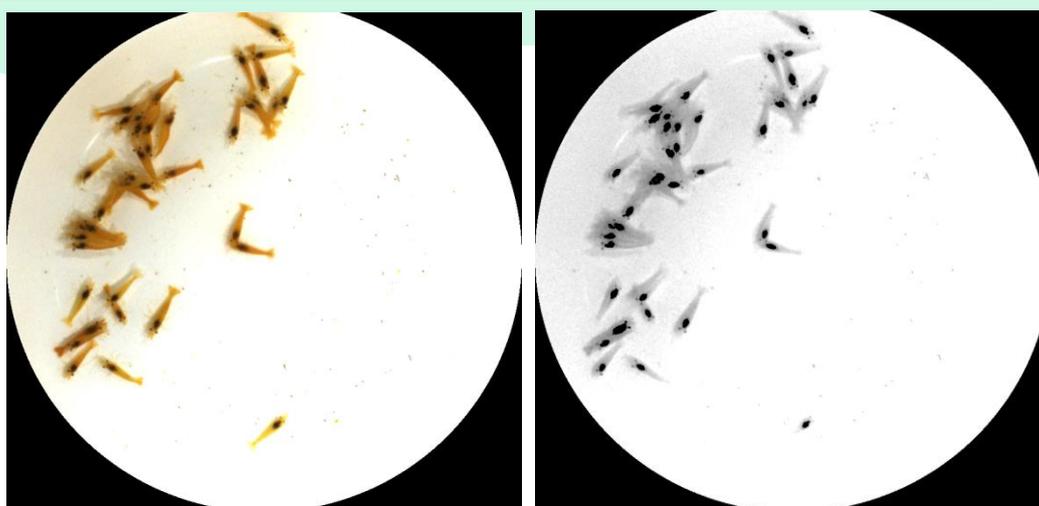


圖 A-11 張數 199 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 199 攪動位移。

附錄 A 表 A-12

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
95	95	95	20	221
95	100	100	20	222
90	80	85	20	223
95	85	90	20	224
90	90	90	20	225
95	95	95	20	226
95	95	95	20	227
100	95	100	20	228
100	90	100	20	229
95	95	95	20	230
85	90	85	20	231
100	100	100	20	232
80	85	85	20	233
95	95	95	20	234
95	90	95	20	235
90	80	85	20	236
85	85	85	20	237
90	85	85	20	238
90	90	90	20	239
100	95	105	20	240

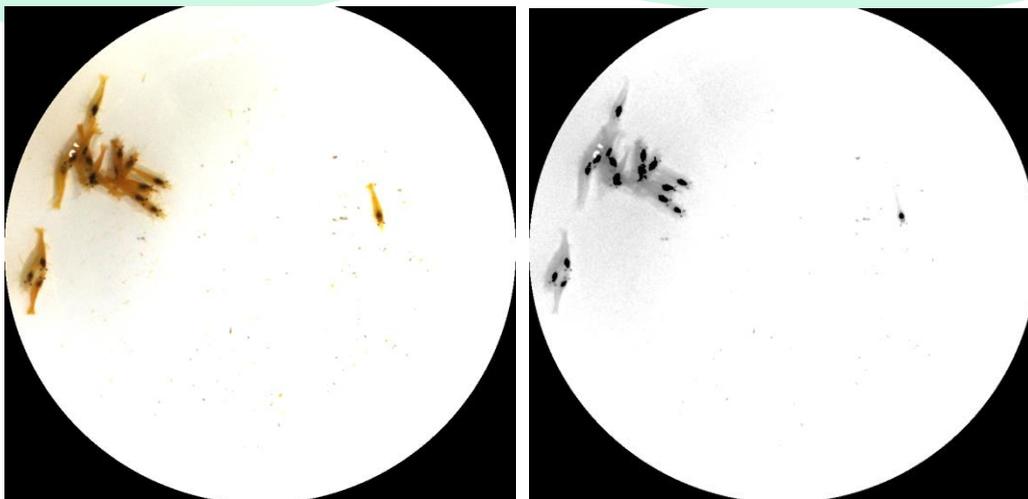


圖 A-12 張數 232 蝦隻原始影像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 232 位移。

附錄 A 表 A-13

clustering-聚類分析 (辨識率%)	metric-度量 (辨識率%)	inter-class-variance- 班間差異(辨識率%)	實際值	張數
90	80	90	20	241
95	95	95	20	242
95	90	95	20	243
95	90	95	20	244
85	95	85	20	245
105	95	105	20	246
90	90	90	20	247
90	90	90	20	248
95	90	95	20	249
100	90	95	20	250
100	95	100	20	251
100	90	100	20	252
95	90	95	20	253
100	95	100	20	254
85	75	80	20	255
85	80	85	20	256
80	75	75	20	257

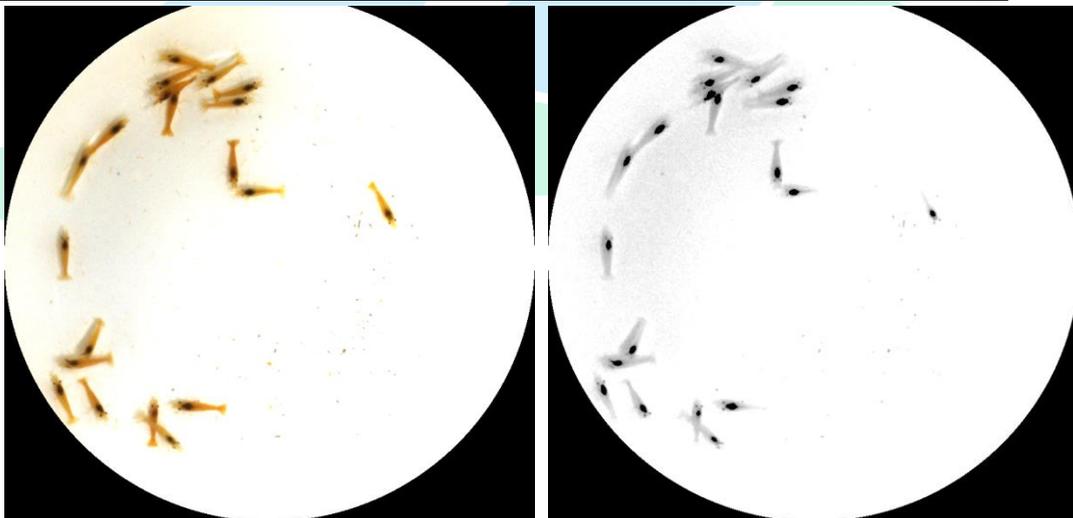


圖 A-13 張數 239 像(左圖)，二值化蝦腦(右圖)，於張數 239 位移。

六足仿生機器人

專題生：溫崧博、黃奕中、簡宏庭

指導老師：李文宗 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題目的為製作一具能克服艱困地形，並且進行物資搬運的自走型機器人。由於肢腳運動相較於輪子更能克服地形障礙，在野外行走或災難救助更佔有優勢。本專題六足機器人建構分為兩方面：一是機器人的實體結構，二是 Arduino 軟體上的控制。在機器人的機構方面，是以壓克力作為主體中心，使用 SolidWord 設計，並利用 3D 列印技術，再與 MG995 伺服馬達組裝成肢體關節，套用昆蟲特有的三角步態行走，做為本專題的移動方式；在軟體部分以 Arduino 撰寫 PWM 程式，依脈波週期決定馬達轉動角度，並外接 PCA9685 控制板，以 I2C 當作通訊媒介，達到同時控制 12 顆伺服馬達的功能。最後經過測試，本專題機器人在網狀結構上穩定並能快速移動，未來若再加以改良，應可讓六足機器人在災難現場發揮其優異的救災功能。

關鍵字：六足機械人、仿生昆蟲、PCA9685。

一、引言

1.1 研究動機與目的

現今地震次數頻繁，早期災害搶救方式，都是靠大量人力去搶救，此方式非常耗費人力，容易造成罹難者錯過黃金搶救時間，如今已成機械化時代，取代人力已是趨勢，目的為有效降低人力成本、搶救時間並大幅提升工作效率。

步行機械雖然比具輪子的交通工具更難製造與控

制，然而在適應惡劣環境和跨越障礙上佔有優勢，而我們希望在地面不平整的正常移動，因而選擇步行方式。

製作動機來自六足昆蟲的步行原理，Arduino uno 外接 PCA9685[1]，使用 I2C 通訊[2]連接，達成同時控制12個馬達的功能。

二、研究內容

2.1 系統架構與軟、硬體介紹

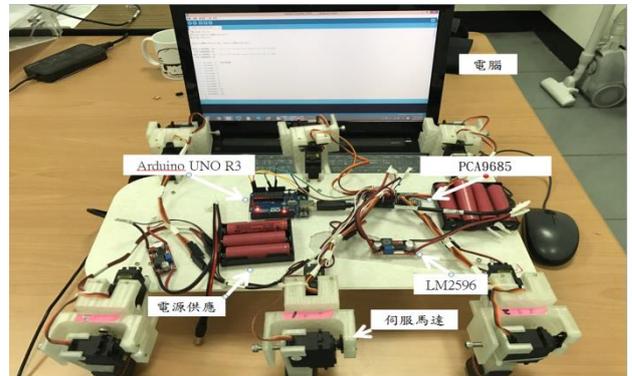


圖 2.1.1 系統配置圖

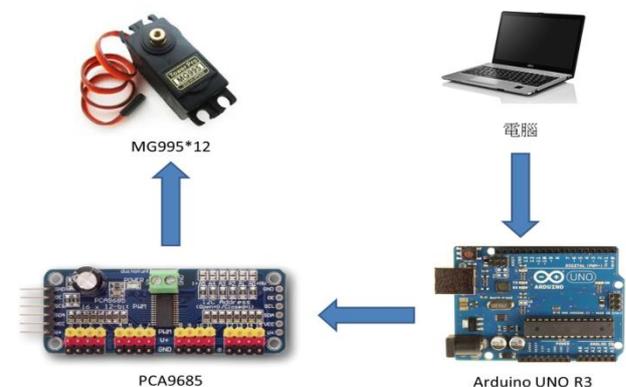


圖 2.1.2 架構流程圖

2-1-1 SolidWorks 繪圖軟體

由視窗環境下發展出來的3D 實體模型建構系統，以 Parasolid 的基礎堅實建模，並採用參數化特徵為基礎的方法來建立模型和組件，其中包含有零件建構、組合件裝配、與工程圖製作三部分基本模組，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[3]。

2-1-2機械關節

本專題之機械關節，是參考《六足機器人超入門簡介[4]》中的設計加以繪製改良，利用 SolidWorks 繪製零件，並組合如圖2.1所示，利用3D 印表機[5]印製，將其 MG995 伺服馬達組裝而成，如圖2.2所示，再使用壓克力板加強固定。

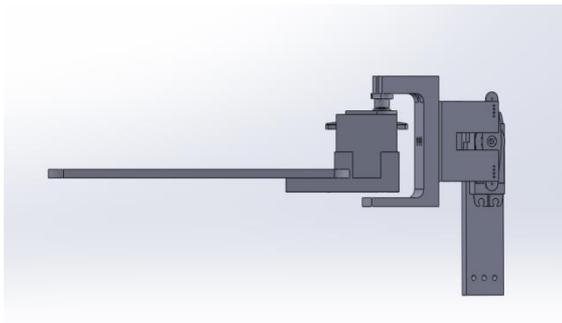


圖 2.1.3 SolidWorks 零件模擬組合

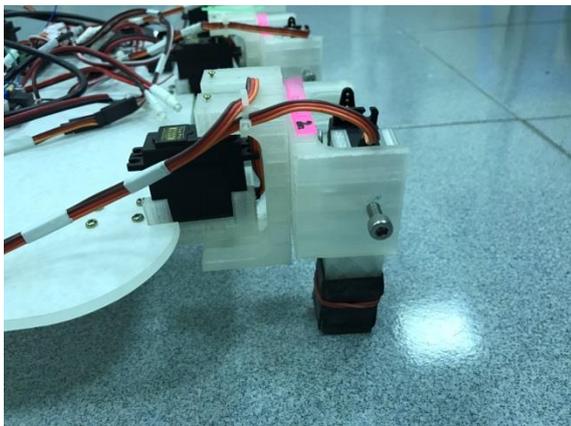


圖 2.1.4 3D 列印機印製之機械關節

2-1-3 3D 列印機

三維立體印表機，也稱作3D 印表機，使用線材為 PLA(聚乳酸)，是快速成形的一種工藝，黏度強，較容易黏在底板上，可減少印製成品翹曲變形，採用層層堆積而成的三維模型，運行過程類似於傳統印表機，三維印表機是將液態光敏樹脂材料、熔融的塑膠絲，通過噴射粘結劑或擠出等方式，堆積疊加形成模型實體。



圖 2.1.5 F1 3D 列印機

2-1-4 雷射雕刻機

本專題六足機器人的主體中心，材料採用 5mm 壓克力，以 SolidWorks 繪製 2D 圖檔，再以 F1 雷射雕刻機[6]切割出主體。



圖 2.1.6 華海科技公司_雷射雕刻機

2-1-5 MG995 伺服馬達

伺服馬達(servo motor)[7]，常用於遙控模型飛機，所以又常稱為 RC 伺服機，伺服馬達裡含有直流馬

達、齒輪箱、軸柄、以及控制電路，透過 Arduino 設定馬達固定轉動角度，都是以0到180度。

一般伺服馬達有三條線，紅色_電源、棕色_接地、橘色_訊號，透過訊號傳送 PWM 脈波[8]來控制軸柄的停止位置和旋轉角度，而訊號脈波必須每秒重複50次(50Hz)，脈衝時間長短代表馬達將軸柄轉到的位置。



圖 2.1.7 MG995 伺服馬達

表 2.1.1 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		

2-1-6 LM2596 穩壓板

穩壓版以電阻和二極體串聯而成，由於二極體的電壓-電流曲線，在輸入電流變化時，二極體上的電壓只會微幅的變化，因此本專題需要穩壓板，得穩定供應伺服馬達電壓[9]。



圖 2.1.8 LM2596 穩壓板

表 2.1.2 LM2596 穩壓板

輸入電壓	4.5~60V
輸出電壓	3~35V
輸出電流	穩定電流 2.5(MAX 3A)
轉換效率	80%~92%
最低壓差	1.5V
保護功能	過熱跳脫、過電流保護
模組體積	45*22*13.5(mm)
工作溫度	-40°C~85°C

2-1-7 PCA9685 馬達控制板

PCA9685[10]所使用的是 I2C 通訊 (Inter-Integrated Circuit Bus) 是一種串列通訊匯流排，一條線為資料線，另一條為時脈線，二條接腳的內部開關在導通為接地的邏輯低準位，而不導通時則形同斷線浮接。

UNO R3 就如人體的大腦般的重要，經過大腦思考，命令身上每個部位的動作，而 PCA9685 就扮演媒介的部分，可以連接 16 顆伺服馬達，並且可以同時各別轉動。

表 2.1.3 PCA9685 規格表

晶片	PCA9685
支援主控版	Arduino(5V)
通訊方式	I2C 通訊
解析度	12 位元
最高 PWM 頻率	1.6K Hz
可調位址	6 位 (A0~A5)
尺寸	72*54*14.7(mm)
應用範圍	RGB、RGBA LED 驅動器 LED 顯示器 伺服馬達控制器

2-1-8 Arduino UNO 介紹

Arduino UNO[11]程式可撰寫 C、Java 語言，本專題所使用語言為 C++，它是一個開放原始碼的單晶片微控制器，使用了 AtmelAVR 單片基，採用了開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡單輸入 Simple i/o 介面板，可配合多種電子元件使用，簡單地與傳感器元件連接(如：紅外線，超聲波，光敏電阻，伺服馬達等)，此外有避免 USB 電源過載問題。

表 2.1.3 Arduino UNO R3 規格表

工作電壓	5V
輸入電壓	9~12V
Analog I/O 類比輸入/ 輸出端	0~5 接腳
Digital I/O 數位輸入/ 輸出端	0~13 接腳
3.3V 腳位供直流電流	50mA
數位 I/O 埠最大承受	5V、40mA
尺寸	72*54*14.7(mm)
支援	USB 介面協定及供電(不須 外接電源)、單片機 TX/RX 端 USB 轉 TTL TX/RX 端子

2-2 PWM 脈寬調變

PWM (Pulse Width Modulation) 利用微處理器的數位輸出，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。

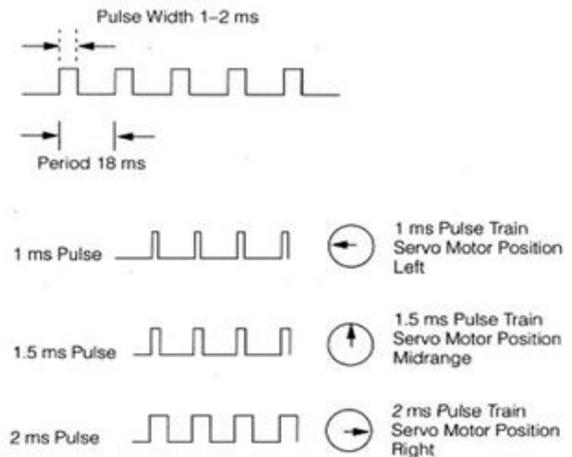


圖 2.2.1 脈衝頻寬對應角度

2-3 三角步態

三角步態(Tripod Gait)是以模仿昆蟲行走方式，穩定性高於雙足、四足截肢動物，將腳位分為2組，移動時重心互換至另一組，因此整體重心不受動作因而改變[12]。

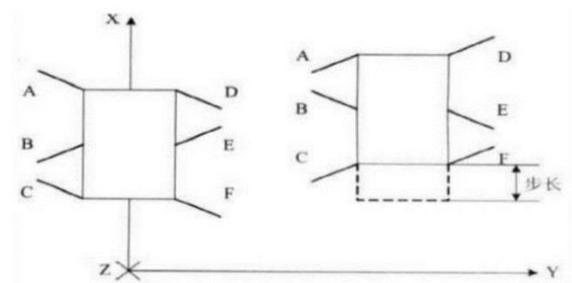


圖 2.3.1 三角步態

2-4 步態分析

運動模式模仿自然界中昆蟲行走方式，行走方式以三角步態移動效率為最好。

步驟一：初始狀態 (t=0) 各腳移動之角度為零，機器人呈靜止狀態。

三、結果與討論

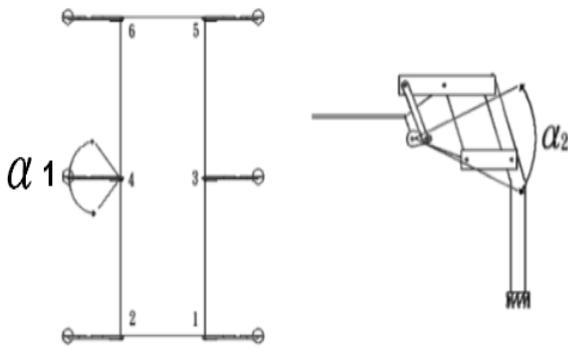


圖2.4.1 動作角度

步驟二：啟動，由第 1、4、5 隻腳抬起並向前擺動

$\frac{1}{2} \alpha_1$ 角度。

步驟三：第 1、4、5 隻腳著地並逆向擺動 $\frac{1}{2} \alpha_1$ 角度，使其主軀體向前移動距離 d 。

步驟四：由第 2、3、6 隻腳抬起並向前擺動 α_1 角度。

步驟五：由第 2、3、6 隻腳逆向擺動 $\frac{1}{2} \alpha_1$ 角度，使其主軀體向前移動距離 d 。

步驟六：由第 1、4、5 隻腳抬起並向前擺動 α_1 角度，如此即回到步驟二之狀態位置。

步驟七：再由第 1、4、5 隻腳著地並逆向擺動 $\frac{1}{2} \alpha_1$ 角度，使其主軀體向前移動距離 d ，並重複步驟三至步驟六，使六足機器人穩定且等速的前進，如圖 3.1.2 所示。

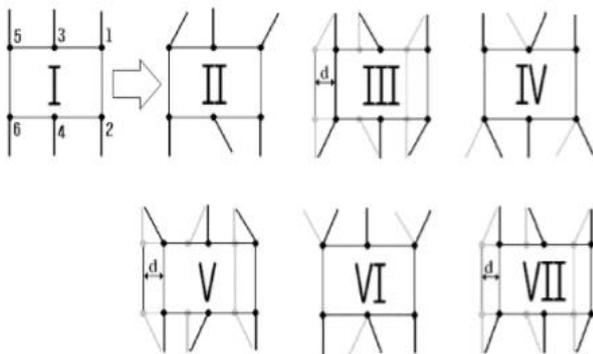


圖2.4.2 六足機器人步進位移圖

3-1 馬達驅動

馬達依靠 PWM 訊號控制，在馬達先設一個固定的頻率，透過改變工作週期來控制馬達正、反轉，當工作週期 ON 的越長，轉的角度越大。

PWM 馬達程式計算方式：

$[\text{位置}/200+1.5]/1000 * \text{頻率}(\text{Hz}) * 100 = \text{工作週期}(\%)$

3-2 程式語言控制

首先要在程式裡先宣告 PWM 的範圍，如下。

```
#define SERVOMIN 160//PWM 訊號電壓最小值
#define SERVOMAX 560//PWM 訊號電壓最大值
```

依我們自己給伺服馬達設定的編號，依照所需要的轉動角度來撰寫，以下是我們在前進走動時，所設定的馬達轉動頻率。

```
for(uint16_t pulselen=300;pulselen<380;pulselen++)
{
    pwm.setPWM(servonum1,0,pulselen);
    pwm.setPWM(servonum5,0,pulselen);
    pwm.setPWM(servonum9,0,pulselen);
}
```

Relay(1000);

```
for (uint16_t pulselen=380;pulselen<260;pulselen--)
{
    pwm.setPWM(servonum0,0,pulselen);
    pwm.setPWM(servonum8,0,pulselen);
}
```

```
for (uint16_t pulselen=260;pulselen<380;pulselen--)
{
    pwm.setPWM(servonum4,0,pulselen);
}
```

3-3 機構修改

一開始機構設計完成如圖 3.3.1，經過實際走動發現，由於力臂過長，造成力矩力量過大，馬達無法承受，導致六足機器人失去平衡，無法正常行走，經過微小更改如圖 3.3.2，減少力臂長度，解決力矩過大之問題。

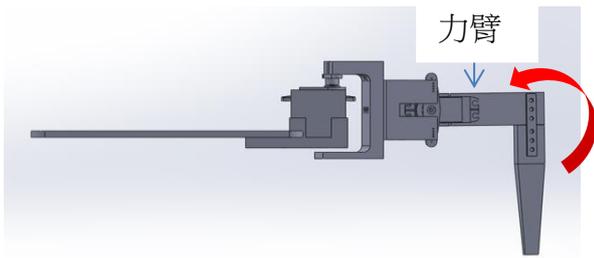


圖3.3.1 原零件機構之設計

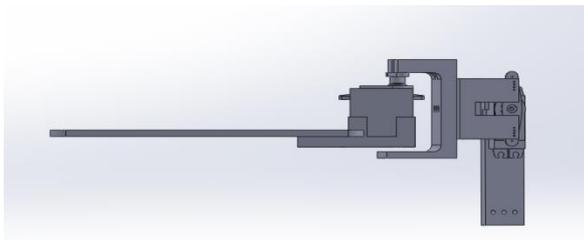


圖3.3.2 修改後零件機構

四、結論

多足機器人在適應地形上，比傳統輪胎機器人更好，地形影響程度較小，在控制方面也較複雜，本專題研究目的研製一台可以任意地行走動，而在實際測試當中發現，在左右旋轉作動時，六足機器人的重心會歪來歪去，並且需要2倍大的機身的距離進行90°過彎，如圖4.1.1、圖4.1.2，經過多次的重複動作才可達到需求。

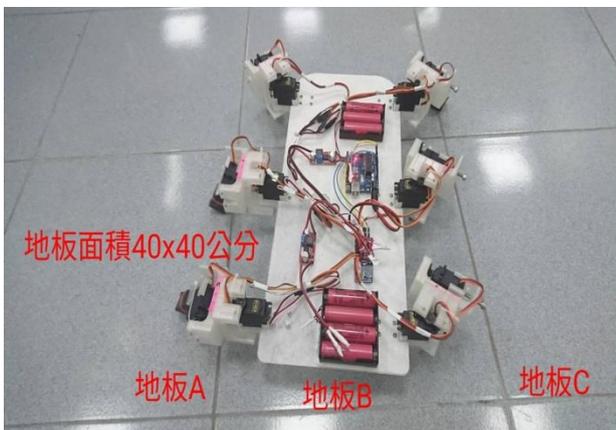


圖4.1.1 六足機器人轉彎前

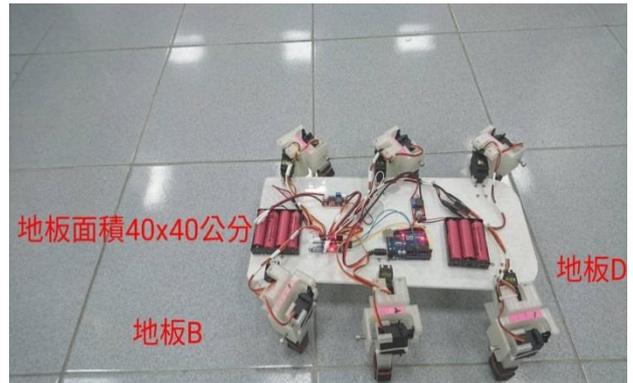


圖4.1.2 六足機器人右彎90°後

為了解決在光滑地面行走可能造成的滑行問題，我們在實體結構零件上加裝粗糙止滑布，增加與地面的摩擦力，降低移動造成的滑行問題，但機構設計上問題較大，光這樣的加強尚不足夠，這是我們非常不足的地方。

本專題機器人於靜態時，全長：46公分、寬度：34公分，與我們想像預期的成品，面積龐大許多，並且機構產生力臂過大無法正常走動，未來希望設計出小型六足機器人，可以輕易代替人類進入危險區域。

五、致謝

能夠順利完成此專題研究，特別感謝指導教授李文宗的幫助與指導，除了給予非常豐富的實驗環境與資源，並定期關注我們的進度、開會，特地撥空我們有空的時間，來提供意見與糾正，在此非常老師無怨無悔地幫忙。另外謝謝實驗室的學長，無時無刻都陪伴著我們在實驗室，就連生病時依然會留下來在實驗室，提供往年學長們的研究方向，每當遇到各種零碎問題，都會耐心講解原理，並給予在專業領域上的諸多指導，就算學長有不太熟悉的地方，也會想辦法解決我們的問題，使我們在馬達方面有非常紮實的基礎，多虧了學長幫助與輔導，我們才有今日的專題報告。感謝其他實驗室的學長，願意提供3D 列印機、雷雕切割機，教導機台的使用方式，大方提供線材使用，並給予設計上的建議，讓機構可以順利的完成。

六、參考文獻

- [1] PCA9685 控制板產品介紹
http://www.wpgholdings.com/procurement/procurement_detail/zhtw/1248
- [2] 痞客幫 I2C 小教室 網址：
[http://magicjacking.pixnet.net/blog/post/173061691-i2c-bus-%E7%B0%A1%E4%BB%8B-\(inter-integrated-circuit-bus\)](http://magicjacking.pixnet.net/blog/post/173061691-i2c-bus-%E7%B0%A1%E4%BB%8B-(inter-integrated-circuit-bus))
- [3] 電腦輔助製圖系列-SolidWorks 參考網址：
<http://www.cctc.com.tw/demo/b3-4-solidworks.asp>
- [4] 六足機器人超入門簡介
<https://www.slideshare.net/roboard/ss-22327279>
- [5] 震旦 3D 印表機官網 參考網址：
http://www.aurora3dprinter.com.tw/product.php?utm_source=aurora3dprinter&utm_medium=website&utm_term=aurora3dprinter&utm_content=product&utm_campaign=product
- [6] 華海科技雷射雕刻機官網：
https://huahailaser.net/products_laser_b1.html
- [7] 伺服馬達簡介 參考網址：
http://gio781215.blogspot.tw/2012/07/blog-post_18.html
- [8] 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
- [9] 德源科技 LM2596 穩壓板官網：
<http://www.100y.com.tw/product/98823.htm>
- [10] BugWorkShop 工作室教學 網址：
<http://bugworkshop.blogspot.tw/2016/10/diy-robot-nxp-pc9685-16.html>
- [11] Arduino UNO 版介紹
<https://openhome.cc/Gossip/Books/mBlockArduino1-3and1-4.html>
- [12] 傅承偉 2007 HexCrawler 之 SimMechanics 模型建立 逢甲大學 自動控制工程學系 碩士論文
- [13] 陳廷熠 2007 順從式足型機器人設計與改良 中央大學 電機工程學系 碩士論文
- [14] 徐柏剛 2013 六足機器人之步態分析與控制 臺灣海洋大學 電機工程學系 碩士論文
- [15] 利基應用科技股份有限公司-十八軸小型六足機械獸套件，
<http://innovati.com.tw/website/cp/html/?58.html>

Bionic six-legged robot

Department of Biosystems Engineering
National Pintung University of Science
and Technology

Abstract

The purpose of this topic is to create a self-propelled robot that can overcome difficult terrain and carry material handling. As the movement of the foot than the wheels can overcome the terrain obstacles in the field walking or disaster relief more dominant. The six-foot robot construction is divided into two aspects that the physical structure of the robot, and Arduino software control. First, in the robot body, is the acrylic as the main center, the use of SolidWord design, 3D printing, and then with the MG995 servo motor assembled into limb joints, apply insect-specific triangular gait walking. The second way is to write the PWM program with Arduino software, according to the pulse cycle to determine the motor

rotation angle, and external PCA9685 control board to I2C as a communication medium, to achieve controlling 12 servo motor at the same time. Finally, after testing, the topic of the robot in the network structure is stable and can move quickly. It should be allowed to six feet of the robot at the disaster scene to make use of its excellent function of rescuing with the improvement in the future.

直列式光源 LED 光場模擬

學生姓名:張星明、蘇國慶

指導老師:許益誠 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

中文摘要

基於現代需要省電、環保等因素需求，LED 燈具取代了傳統燈泡與螢光管，但因 LED 的發光特性，產生了一些缺點，例如有些 LED 發光功率大，但發光區域小、有些發光功率小，但發光區域大，因此在中短距離下，照明的區域會有照度不均勻的狀況發生，因此本實驗將 LED 做直列式擺設，並依據燈條不同距離及 LED 燈座位置不同，做光場模擬，找出光場照度及均勻度之特性。

本研究針對不同 LED 元件光場及間距對直列式 LED 燈具光場影響進行模擬分析，以光學分析軟體 FRED 建立 Lambertian 白光 LED 元件場形組成之 LED 直列燈具，並且配合不同間距的導光板做光場模擬，找出各種參數燈具之光場照度與均勻度特性，設計 LED 照明虛擬模組，透過不同分佈的陣列，假設三維模型，並配合材質-光線的介質關係，分析發光二極體模組在不同的情況下、光場分度型態、與現況法規相差多少，使其達到良好的照度及均勻度，為日後 LED 照明模組提供一個良好的設計參考。

英文摘要

Based on the modern needs of energy saving, environmental protection and other factors, LED lamps replace the traditional light bulbs and fluorescent tubes, but the LED light-emitting characteristics, resulting in some shortcomings, such as some LED light power, but the light emitting area is small, some light power, But the light-emitting area is large, so in the short distance, the lighting area will have uneven illumination conditions occur, so this experiment will be in-line LED display, and according to different light and LED lamp seat position, do light Field simulation, to find the light field illumination and uniformity of the characteristics.

In this paper, the influence of light field and pitch on the light field of different LED elements is simulated and analyzed. The optical analysis software FRED is used to establish the LED in-line lamp of Lambert white LED element, and the light field The design of LED lighting virtual module, through the different

distribution of the array, assuming three-dimensional model, and with the material - light medium relationship, analysis of light-emitting diode mold Group in different circumstances, the light field classification type, and the current situation how much difference between the regulations to achieve good illumination and uniformity for the future LED lighting module to provide a good design reference.

一. 前言

LED 英文全名為 light emitting diode，中文全名為發光二極體。LED 是一種半導體發光元件，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。LED 因使用的材料不同，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。不同於一般白熾燈泡熱發光，LED 屬於冷發光，具有耗電量低、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，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[1]。其波長介於 400-780nm，在此區間之外則為不可見光，包括紅外光及紫外光(UV)。我們可把 LED 發出的光分成可見光 LED(波長 450-780nm)及不可見光 LED(波長 780-1550nm)。

光束經由間距 0mm、5mm、10mm 的導光板產生反射，以及不同的高度變化與不同的測量面，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，確保面板亮度的均勻性。導光板越薄→反射次數愈多→射出的光線越強 →容易獲得高輝度化效果。

二、文獻探討

發光二極體(英語:Light-emitting diode, 縮寫:LED)是一種能發光的半導體電子元件,透過三價與五價元素所組成的複合光源。此種電子元件早在 1962 年出現,早期只能夠發出低光度的紅光,被惠普買下專利後當作指示燈利用。及後發展出其他單色光的版本,時至今日,能夠發出的光已經遍及可見光、紅外線及紫外線,光度亦提高到相當高的程度。用途由初時的指示燈及顯示板等;隨著白光發光二極體的出現,近年逐漸發展至被普遍用作照明用途。

發光二極體只能夠往一個方向導通(通電),叫作順向偏壓,當電流流過時,電子與電洞在其內重合而發出單色光,這叫電致發光效應,而光線的波長、顏色跟其所採用的半導體物料種類與故意摻入的元素雜質有關。具有效率高、壽命長、不易破損、反應速度快、可靠性高等傳統光源不及的優點。白光 LED 的發光效率近年有所進步;每千流明成本,也因為大量的資金投入使價格下降,但成本仍遠高於其他的傳統照明。雖然如此,近年仍然越來越多被用在照明用途上。

2014 年憑藉「發明高亮度藍色發光二極體,帶來了節能明亮的白色光源」,天野浩與赤崎勇、中村修二共同獲得諾貝爾物理學獎。

三、實驗流程

本研究是利用 FRED 光學模擬軟體來建立直立式 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

在建立模型前(如圖 2、圖 3 及圖 4)，我們首先設定我們實驗所需的數據，以及模型尺寸，以探討光源對特定區域，所能到達最良好的光照(例如對植物)。

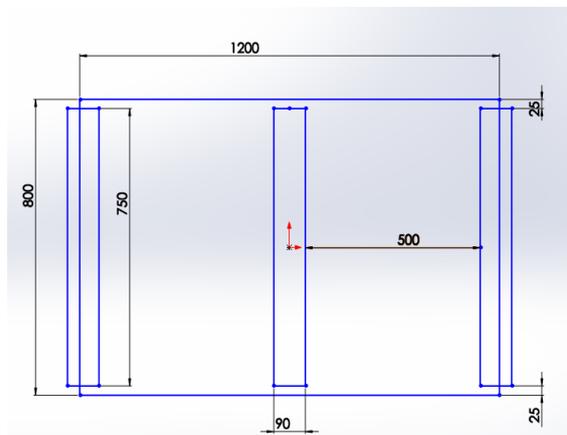


圖 2 模型尺寸上視圖

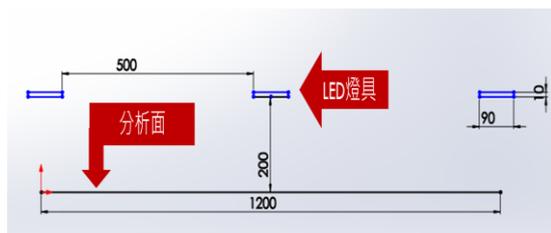


圖 3 模型尺寸前視圖

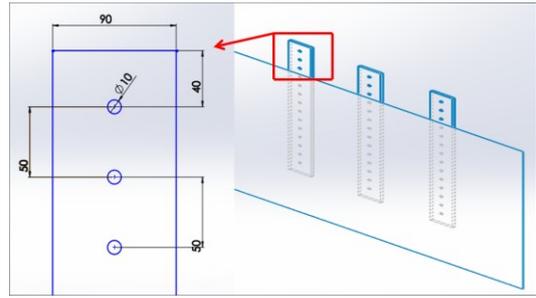


圖 4 模型細部示意圖

由於 FRED 軟體內建的模型只能建立基礎模型，所以我們外插 SOLIDWORKS 軟體，建立實驗所需的模型，如圖 5。

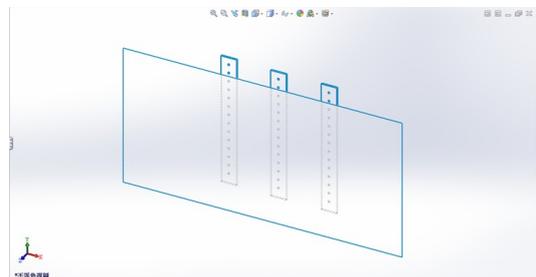


圖 5 solidwors 模擬圖

模型設計完畢之後，我們再將兩側燈具以 100mm 距離向內靠攏，比較不同間距之間的光源對設定的光照區域效果好壞，另外我們在依照各組模組距離，再比對 LED 發光二極體水平擺設還是交錯擺設效果是否比較好，示意圖如圖 6、圖 7 和圖 8。

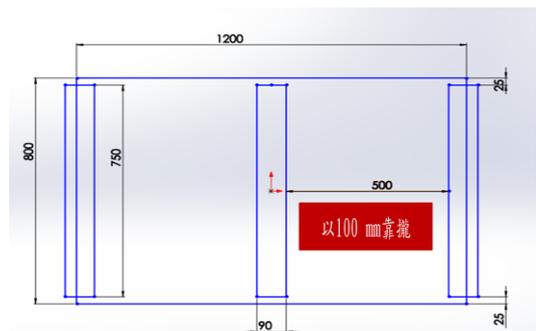


圖 6 燈具間距移動圖

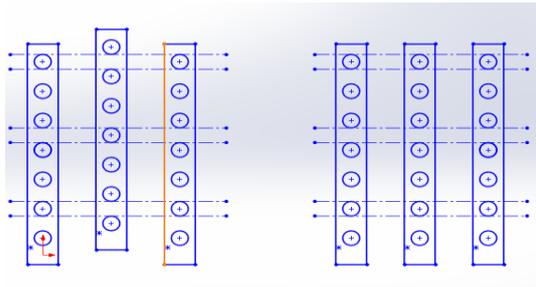


圖 7 燈具水平擺設及交錯擺設示意圖

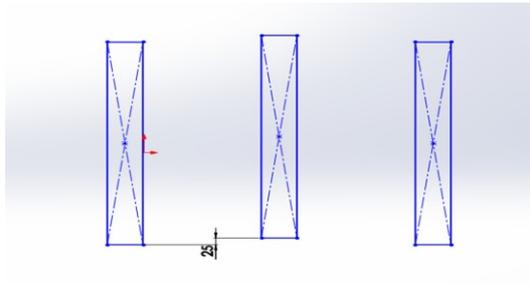


圖 8 交錯擺設之距離示意圖

以上模型設定完畢之後，就會有實驗所需的基礎模型，再將其模型匯入 FRED 軟體內，如圖 9。

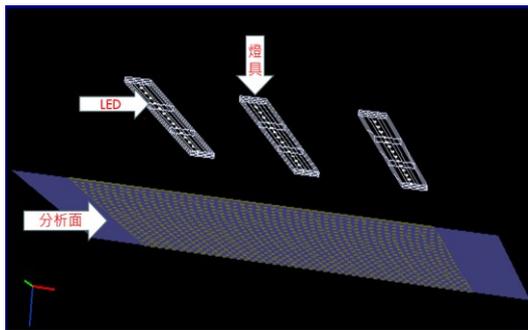


圖 9 FRED 軟體模擬圖

設定出基礎軟體之後，我們再給光照模型訂出固定的光照條件，再依此光照條件達到對此研究最好的光源照射效果。

圖 10 為我們所設定的 LED 光源條件，以及光源場型及各項條件。

場型	LAMBERTIAN
LED尺寸	5x5x1 mm ³
分析面尺寸	1200x800x1 mm ³
分析模型尺寸	1600x800x1 mm ³
模型材料折射率	1
LED數量	42 顆
單顆LED流明數	28 lm
單顆LED光線數	300000 條
光源與分析面距離	200 mm

圖 10 光源場型設定

以上條件設定模組之後，便能在 FRED 軟體內進行模擬，其分析結果如圖 11、12 和 13。

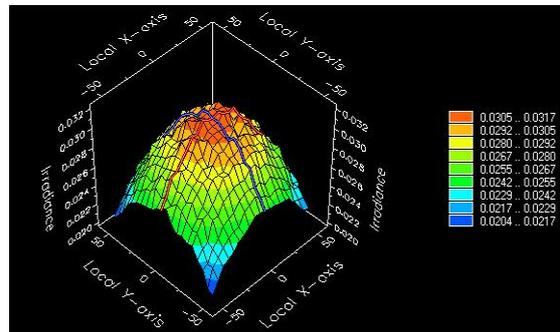


圖 11 立體照度分析結果

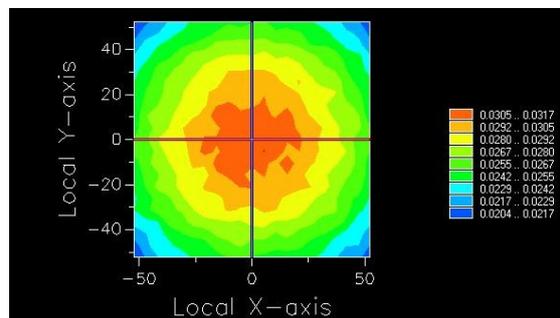


圖 12 2D 照度分析結果

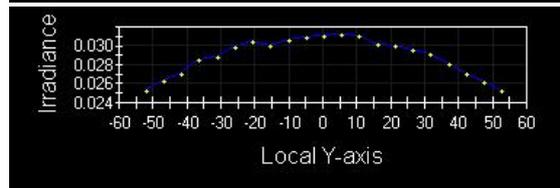
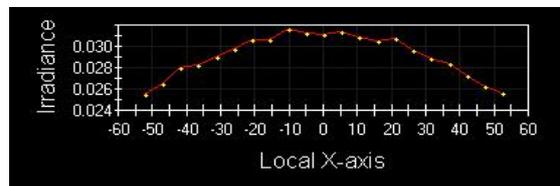


圖 13 斷面照度分析結果

四、結果與討論

將各組模型實際模擬分析之後得到以下各圖表。

	100mm 數值
變異係數	0.7694
總功率	960.5 J
平均照度	300.2 lm

圖一 100 mm 無交錯燈位

	100mm 燈位交錯數值
變異係數	0.7700
總功率	959.4 J
平均照度	299.8 lm

圖二 100 mm 交錯燈位

	200mm 數值
變異係數	0.5231
總功率	946.8 J
平均照度	295.9 lm

圖三 200 mm 無交錯燈位

	200mm 燈位交錯數值
變異係數	0.5242
總功率	945.7 J
平均照度	295.5 lm

圖四 200 mm 交錯燈位

	300mm 數值
變異係數	0.3745
總功率	914.1 J
平均照度	285.7 lm

圖五 300 mm 無交錯燈位

	300mm 燈位交錯數值
變異係數	0.3762
總功率	913.0 J
平均照度	285.3 lm

圖六 300 mm 交錯燈位

	400mm 數值
變異係數	0.4118
總功率	830.1 J
平均照度	260.7 lm

圖七 400 mm 無交錯燈位

	400mm 燈位交錯數值
變異係數	0.4138
總功率	833.2 J
平均照度	260.4

圖八 400 mm 交錯燈位

	500mm 數值
變異係數	0.5554
總功率	672.6 J
平均照度	210.2 lm

圖九 500 mm 無交錯燈位

	500mm 燈位交錯數值
變異係數	0.5554
總功率	672.6 J
平均照度	210.2 lm

圖十 500 mm 交錯燈位

五、結論

由上述圖表所得到之數據，比較總功率、利用率、平均照度、均勻度等之數據。

總功率為各組模組的最大流明數據，比對出最大的流明照度。

利用率為各組模組的能量使用率，比對能量的消耗是否節能或是浪費。

平均照度為各組模組的照度是否平均，找出最平均的照度距離。

均勻度為各組模組的光照範圍的均勻度，找出光照區域最平均的距離模組。

下列分別為總功率(圖 a)、利用率(圖 b)、平均照度(圖 c)、均勻度(圖 d)之折線比較圖。

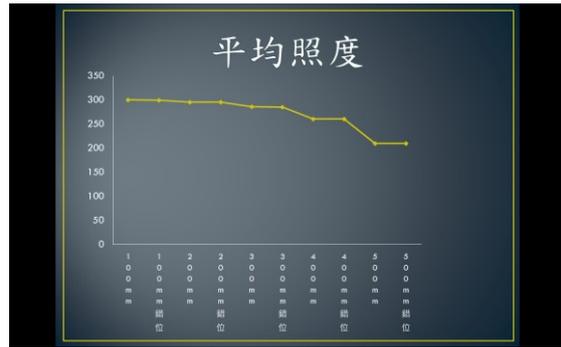


圖 c

在平均照度來說，最平均的照度為 100 mm 無交錯燈位距離平均照度為 300.2 lm，最低為 500 mm 燈位距離平均照度為 210.2 lm。

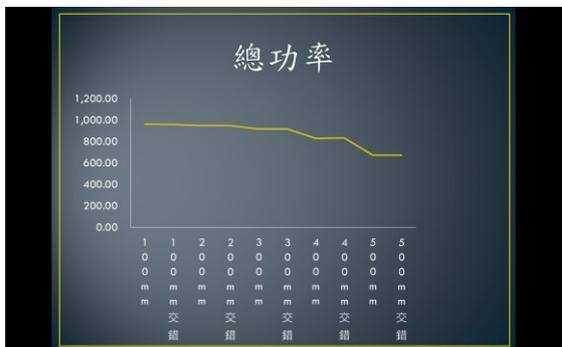


圖 a

在總功率來說，功率最高為 100 mm 無交錯的燈位距離功率為 960.5 lm，最低為 500 mm 燈位距離功率為 672.6 lm。

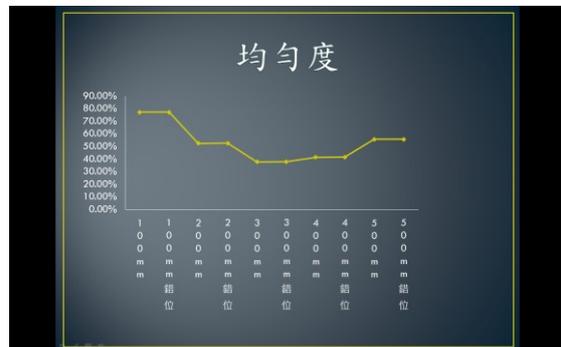


圖 d

在均勻度來說，最均勻照度為 300 mm 無交錯燈位距離均勻度為 37.5%，均勻度最差為 100 mm 交錯燈位距離均勻度為 77%。

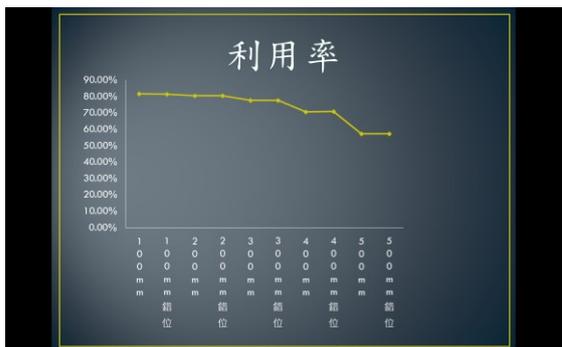


圖 b

在利用率來說，利用率最高為 100 mm 無交錯燈位距離利用率為 81.6%，利用率最低為 500 mm 燈位距離利用率為 57.2%。

總和以上各點，針對投射的分析面(1200 x 800 mm)，最佳的投射位置在 100 mm 無燈位交錯的距離，此距離光線最強，也較節能，不會多消耗能量，至於均勻度問題，可改變左右燈光投射角度，左右兩側可往內調正 15°，可有效改善均勻度問題。

六、致謝

首先感謝許益誠老師的指導，指引我們確切的方向，幫助我們解決專題遇上的問題及給予我們意見，並補充相關常識；再來感謝學長，不厭其煩的從旁協助我們了解軟體的操作，以及各方面的建議，才可讓我們專題如期完成，讓我們學會使用 FRED 光學軟體，及燈具上的相關知識，更了解光的特性，受益良多。

智慧紅綠燈

學生姓名：賴泳任、楊世弘、潘祈暉

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

日常在行駛高速公路橋下的路口或是鄉間小路停等紅綠燈的時候，會因為支線道通過的車流量比較少，所以沒有車輛通行的機率很高，讓我們常常會等待無人、車通行的紅綠燈，因此，我們使用 Arduino Uno 做為控制器改變紅綠燈一般的運作方式，設計出一個可以感測支線道來車並自動切換燈號的智慧紅綠燈的模型。

一、前言

我們日常在行駛高速公路橋下的路口或是鄉間小路以及夜間行駛停等紅綠燈的時候，常常會因為支線道通過的車流量比較少，所以造成沒有車輛通行的機率變的很高，因此讓我們常常會等待無人、車通行的紅綠燈，這樣子除了浪費很多時間停等之外，也同時是在浪費不必要的燃料與空氣汙染，而且車輛若是在正常速度行駛然後突然煞車停止，然後在重新起步行駛是非常浪費燃油的。

二、研究目的

為了降低不必要的時間浪費及空氣汙染，所以我們的構想就是希望可以使用單晶片微控制器來做處理控制，然後再加上感測器辨識車輛的通行，如此就可以讓紅綠燈隨著支線

道有無有來車通行，自動變換紅綠燈原本的號誌，達到我們的構想。

三、實驗設備：

我們選擇使用的單晶片微控制器是 Arduino Uno，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，並具有使用類似 Java，C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。Arduino 可以使用 Arduino 語言與 acromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 和 SuperCollider 跟 Java 和 make block.cc 等軟體，結合電子元件，例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。Arduino 也有分很多種類。如：Arduino Duemilanove、Arduino Nano、Arduino mini

Arduino 簡單概念說明：



圖 1 完整的電腦系統

圖 1 是一個完整的電腦系統，我們需要組裝一台電腦，我們首先需要一台主機，接著需要滑鼠、鍵盤、搖桿，才能夠操作電腦，當然還要有電腦、喇叭，這樣才能可以打遊戲或是看影片，也就是說當我們在點滑鼠或是搖桿的時，我們就是正在輸入訊息給電腦，我們稱這些裝置叫做輸入裝置，而當電腦主機收到這些訊息經過處理之後會把處理完的資料顯示在螢幕上和把聲音用喇叭放出來，我們稱螢幕跟喇叭為輸出裝置，夾在中間的電腦主機當然就是負責管理所有的輸入和輸出裝置，有了以上這些的架構我們就可以說這是一個功能完整的電腦，這是電腦的基本概念。

Arduino 其實就很像是一台沒有接上滑鼠、鍵盤跟螢幕喇叭的電腦主機，所以我們就可以把 Arduino 想像成是一台小型的電腦主機或者我們稱它為開發板，不過如果只有主機根本無法使用，所以就要搭配 Arduino 專用的輸入跟輸出裝置，也就是模組，它就能做出超乎我們的想像，在 Youtube 上搜尋 arduino project 關鍵字就可以看到很多很多的成品，會看到困難度比較高的四軸直升機、機器人或是自走車等，這些都可以使用 Arduino 來完成，Arduino 之所以可以在全世界有那麼多的玩家就是因為它對沒有任何工程背景，沒有程式基礎的任何人來說都是非常容易上手的開發板，所以只要上網或是查閱書籍就可以設計出簡單的程式了，但若是研究更加複雜的東西就不是那麼容易可以達成的了。

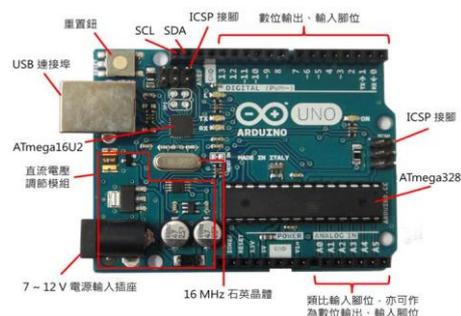


圖 4 Arduino Uno 板

Arduino Uno:

是一款使用 ATmega328(datasheet)的微控制板，數位輸入、輸出腳位:腳位編號為 0 到 13，通常會標示為 D0 到 D13 表示為數位腳位 (D 代 Digital)。D3、D5、D6、D9、D10、D11 的數字編號旁，有個波浪符號 (~)，這就表示這些腳位可以用數位訊號來模擬出類比訊號，要注意的是 D0 與 D1 這兩個數位腳位，分別被標示了 RX (Receiver)、TX (Transmitter)，這兩個腳位用於序列埠傳送，且與 USB 序列埠連接，因此電腦若使用 USB 與控制板互傳資料時 (可見到控制板上標示為 RX、TX 的 LED 閃爍)，所以要盡量避免使用 D0、D1 兩個腳位。D13 腳位連接著控制板上標示為 L 的 LED，若是原廠控制板，預設會燒錄一個令 D13 定時切換高低電位的 Blink 程式，因此，首次接上電源時，會看到標示為 L 的 LED 不斷閃爍，這是初步檢視控制板是否功能正常的方式。

類比輸入腳位:有 A0 至 A5 六個腳位，可用來接受類比電壓輸入，但不能輸出類比電壓，如上所述，類比電壓必須透過數位腳位 D3、D5、D6、D9、D10、D11。控制板上 ATmega328 內建類比數位轉換器 (Analog-to-digital converter, 簡 ADC)，預設會將 0V 到 5V 轉換為 0 至 1023 的數值。對於輸出電壓為其他範圍的電路模組，可以透過 AREF 與 analogReference 函式，來提供參考電壓，例如對於輸出為 0V 到 3.3V 的電路模組，可以將 0V 至 3.3V 對應至 0 至 1023 的數值，獲得更高的解析度。實際上，A0 至 A5 也可作為數位輸出、輸入腳位使用，此時 A0 至 A5 分別可視為 D14 至 D19。6 個模擬輸入、1 個 16 MHz 陶瓷震盪器、1 個 USB 連接、1 個電源插座、1 個 ICSP 頭和 1 個重置按鈕。只需通過 USB 線將其連至電腦或者通過 AC-DC 適配器或電池為其供電即可開始，我們現在就是使用 Arduino Uno 做為處理器。

每一個工作接腳都可以被當作輸入模式或是輸出模式來使用，如果我們要從 0-13 腳送入一些訊號來讀取的時候，那個號碼的接腳就必需設置成輸入模式，而當要從某一隻接腳送出電流讓外界的電路工作時，則必須被設定為輸出模式，這個被用來設置接腳模式的指令叫做

pin Mode(工作接腳, 模式);

其中工作接腳就是編號 0-13 或是 A0-A5 這些編號

模式位置放的是接腳的模式也就是代表輸入模式的 INPUT 或是輸出模式的 OUTPUT 要特別注意的是，因為 Arduino 所採用的程式語言有區分大小寫的關係，所以 pinMode 的 M、A0 到 A5 的 A 還有 INPUT 跟 OUTPUT 都必需使用大寫，這是程式的規則，如果用錯大小寫是會產生錯誤的，在指令的最後加上一個分號代表一個指令完成結束了，就像是幫句子加上句號一樣。

比如我們要在第 7 腳接了一個 LED 電路，我們為了讓 LED 燈亮起來，就必須設定接腳 7 為輸出模式，因為 Arduino 要送出電流給外面的電路，所以我們就可以編輯以下的指令
pinMode(7, OUTPUT);

到這邊我們只有告訴 Arduino 第 7 腳要做輸出工作，不過沒有告訴它要輸出什麼，所以我們要在打入一個指令告訴 Arduino，其實 Arduino 就是靠著高電位 5V，低電位 0V 來做通訊跟運算的，也就是有通電跟沒通電，也就是說工作接腳可為高或低電位，所以我們要再多加設定工作接腳狀態的指令
digitalWrite(工作接腳, 狀態);

其中工作接腳一樣是編號 0-13 或是 A0-A5 這些編號，狀態的話就是 HIGH 高電位或是 LOW 低電位，這樣的搭配我們就可以讓剛剛的第 7 腳輸出高電位 5V 或是低電位 0V，如果我們要让 LED 亮起來就要寫入

digitalWrite(7, HIGH);

這樣第 7 腳就會輸出高電位，那麼 LED 就會亮起

延遲指令 delay(時間長度);

這個指令可以讓 Arduino 稍微停留一小段時間，可以依照自己的設計去調時間，這個時間是以毫秒來計算。

我們在三年級有學過 PLC 的相關程式，剛開始有使用 PLC 的想法，不過後來決定要使用 Arduino，因為它體積較小而且價格較便宜，手機也有開發可以編寫 Arduino 的編輯軟體但 PLC 我們沒有找到可以在手機上編寫的軟體，加上 Arduino 也是有很多的使用者，而且比較容易從取得資料。

PLC 簡單概念說明:

PLC 分為箱體式和模組式兩種。但它們的組成是相同的，對箱體式 PLC，有一塊 CPU 板、I/O 板、顯示面板、內存體、電源等，當然按 CPU 性能分成若干型號，並按 I/O 點數又有若干規格。對模組式 PLC，有 CPU 模組、I/O 模組、內存、電源模組、底板或機架。無論哪種結構類型的 PLC，都屬於總線式開放型結構，其 I/O 能力可按用戶需要進行擴展與組合。交流電源通常為 220VAC 或 110VAC，若為直流電源常用的為 24V，結構式文件編程語言 (Structured Text, ST): 類似 PASCAL 與 C 語言的語法，適合撰寫較複雜的算法，除錯上也比階梯圖容易得多。ST 語言類似於編程語

言的特性，因此可利用與微電腦及個人電腦相同的程序設計技術進行階梯式語言所難以執行的複雜計算，完成程序的建立。

Arduino 優點：

學習程式方式多元、體積小、晶片能力適中、程式易編寫、電壓低、價格親民擁有眾多擴展板、傳感器，體積小、硬體選擇性多樣、電路簡單，便於嵌入式開發，適合初學者使用互動裝置，像是冷氣的恆溫裝置，就是使用感測器偵測環境溫度，進行室內溫度的自動調節。這些裝置為生活增加不少安全及便利，以往要處理相關的電子設備時，需要透過工程師，逐一由單一小元件拼湊出整個電路，還好微處理器有了長足的進步，除了在使用上變得更容易，價格上的減少更降低了學習的門檻。

表 1 Arduino&PLC 比較表

	Arduino	PLC
重量	輕	重
體積	小	大
功能	中	強
程式修改	易	難
使用電壓	低	高
成本	低	高

感測器：

38khz 紅外線發射模組

Arduino 專用模組，端口與感測擴充板相容帶有發射狀態指示燈，方便測試。

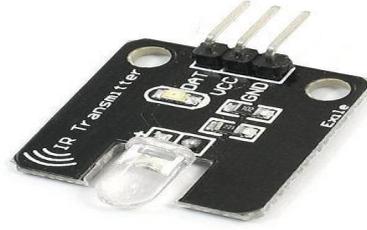


圖 5 38khz 紅外線發射模組

38KHz 紅外線接收模組

數位感測器模組/紅外線接收器 for Arduino 與樹莓派 Arduino 專用模組，端口與感測擴充板相容 38KHz 紅外接收頭，可接受各種紅外遙控信號。

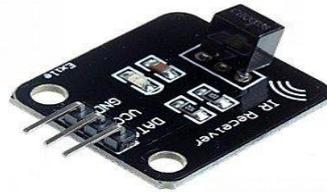


圖 6 38KHz 紅外線接收模組

紅外線避障模組 光電開關

IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module，紅外線避障模組對環境光線適應能力強，其具有一對紅外線發射與接收管，發射管發射出一定頻率的紅外線，當檢測方向遇到障礙物(反射面)時，紅外線反射回來被接收管接收，經過比較器電路處理之後，綠色指示燈會亮起，同時信號輸出介面輸出數字信號(一個低電平信號)，可通過電位器旋鈕調節檢測距離，有效距離範圍 30cm，工作電壓為 3.3V-5V。

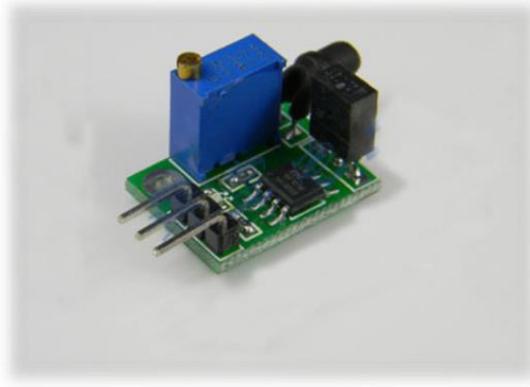


圖 7 紅外線避障模組

紅外線感測器有分主動式和被動式兩種，主動式的紅外線感測器，感應器本身會發射紅外線光束，當紅外線光束被物體擋住後，紅外線光束會反射，利用這個紅外線反射原理可以做很多應用，例如廁所的自動沖水小便斗或感應式水龍頭，它們用的就是主動式紅外線感測器，如圖 7，圖 5 以及 6 的結合是紅外線動作感測器 (PIR Motion Sensor) 是屬於被動式的紅外線裝置，感應器本身不會發射紅外線光束。PIR 是 Passive Infrared Sensor (被動式紅外線感測器) 的縮寫。

高靈敏振動開關 SW-18010P 震動感測器模組 震動開關，警報器模組，模組用途：用於各種震動觸發作用，報盜警報，智能小車，電子積木等。請注意這個模塊在感應到小的震動時觸發時間會很短，不夠驅動繼電器，有些人的資料顯示可以直接和繼電器模塊相連，實際運用效果不佳。



圖 8 SW-18010P 震動感測器模組

我們到最後使用的是主動型式的紅外線感測器，因為容易安裝、所需使用的空間較小及線路較為簡易，所以在模型安裝上比較洽當，工作原理是傳感器主動發射紅外線，根據反射光探測，如果探測到障礙, OUT 腳輸出 0 否則 1，工作電壓:3.8v-5.5v 工作電流(5V 時):典型電流 6mA 輸入輸出信號(3 線): VCC 是電源，VCC 的範圍是 3.8v-5.5v，GND 是接地，OUT 是訊號來源。

四、研究內容與方法

我們使用的 Arduino Uno 板非常容易取得，只要在拍賣網站搜尋 Arduino Uno 的關鍵字就會有很多賣家在販售，價錢大概都不會超過 200 元，等買完 Arduino Uno 板子之後，接下來就是要安裝設定了，首先到 Arduino 官方網站的下載頁面，下載編輯 Arduino 的軟體部分 (開發環境)。有 Windows 版、Mac OS X 版、Linux 版，然後，需要一條 Arduino Uno 專用的 USB 連接線，一般只要購買 Arduino Uno 板子應該就會送專用傳輸線了，一頭是一般 USB 的接頭，另外一頭是 Arduino Uno 板子專用的接頭，把 Arduino Uno 板子跟電腦連接後，要先安裝好驅動程式，接下來就可以試寫程式看看了，首先打開編輯軟體，在工具列選擇工具項目，選擇板子選項，點選 Arduino/Genuino Uno，同樣工具項目選擇序列埠，要選擇正確的序列埠，再來就可以去網路上找最簡易的程式碼，網路上都會有很多範例的學習，裡面會有包括程式碼以及接線圖的範例只要照著做複製下來貼上編輯軟體測試看看編輯功能是否完全正常，還有輸入的功能有沒有問題。

使用 Arduino 實現一個點子大概的步驟如下：

Step1:寫下自己想法和點子還有它需要執行
的功能。

Step2:去尋找所需材料，材料規格有些必須要
符合 Arduino 的規格，如果規格不符會無法使
用，如工作電壓的需求。

Step3:東西都備妥了以後就可以開始依據模
組的規則以及我們自己想要功能編輯程式，還
要把必要的電路設計完成。

Step4:然後把編輯好的程式燒入到 Arduino
當中然後按下編輯軟體的驗證鍵檢查功能是
不是都正確，如果是錯誤的就可以根據編輯軟
體所顯示的錯誤下去做訂正，修改程式或是電
路，如果都修改完成就大功告成了。

Arduino 編輯軟體

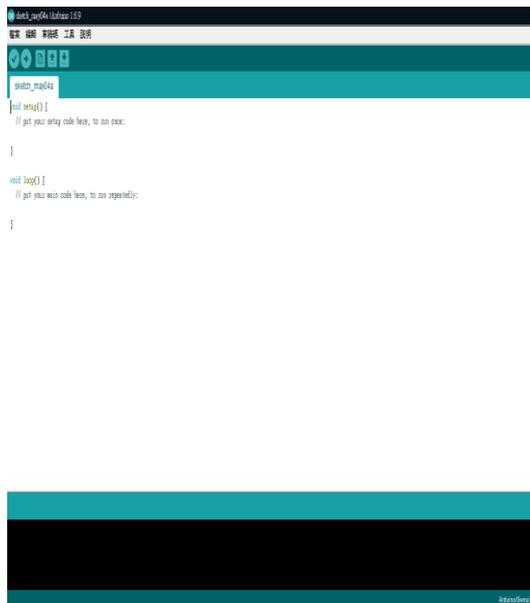


圖 10 Arduino 程式編輯軟體

開啟 Arduino 軟體開發環境後，程式含有
最基本的架構，也就是說不管是要用 Arduino
做甚麼樣的作品，這兩個東西一定要存在，如
下：

```
void setup() { // put your setup code here,  
to run once: }
```

```
void loop() { // put your main code here,  
to run repeatedly: }
```

這個 setup 就是設定，只要是夾在這個
setup 裡的程式，在 Arduino 開機以後都會先
被執行一次，然後才會交給負責運作的 loop
不停地重複工作直到關機為止，也就是說在整
支程式啟動時，會呼叫 setup()這支函式，只
會執行一次。然後就會不斷地呼叫 loop()、
不斷地一再執行，程式可以依據自己的需求放
入這兩個不同的區域。



Verify 為驗證檢查參數設定或引入
程式是否產生錯誤，。



Upload 為上傳程式進行編譯，將程
式碼透過 USB 介面燒錄至 Arduino 控制板。



Serial Monitor 為開啟監視器頁
面，監視 Arduino I/O 介面，我們可以透過這
個地方知道感測器有沒有感測到汽車來。

```

void setup() {
pinMode (9, INPUT);
}
void loop() {
digitalRead (9);
  if(digitalRead(9)==LOW)
  {}
else {}
}

```

上面的程式碼就是我們用來接收感測器訊號的程式碼，設第 9 腳為接收訊號的腳位，紅外線感測器在平常沒感測到車子時是一直保持 HIGH 的訊號輸入至第 9 腳，當感測到車子時會轉換為 LOW 的訊號輸出，上面程式的 if(digitalRead(9)==LOW)就是如果第 9 號腳為 LOW 的話就會執行下面框框中的程式碼。

五、結果與討論

本研究將十字路口製作成簡易模型如下：

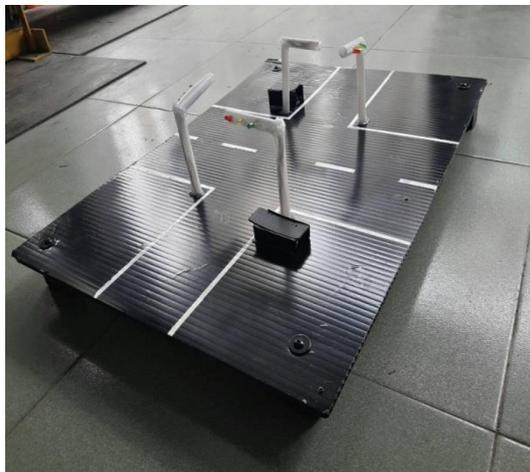


圖 12 成品照片 (正面)

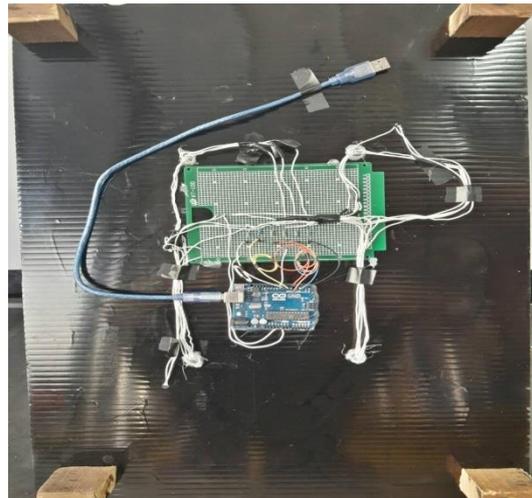


圖 13 成品照片 (背面)

做動示意圖

初始狀態，主要幹道一直保持在綠燈，支線道一直保持在紅燈。

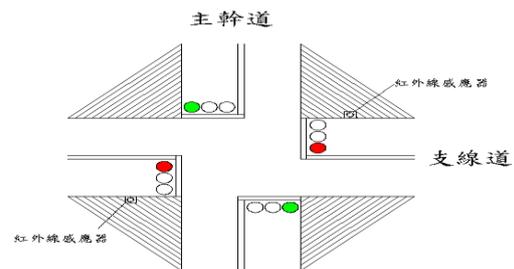


圖 14 做動示意圖

當感測器偵測到支線道有來車時，主要幹道一分鐘後會轉為黃燈。

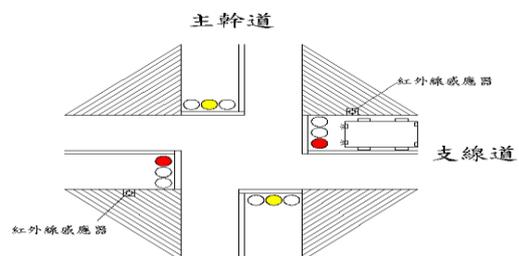


圖 15 做動示意圖

黃燈等待 7 秒後會轉換成紅燈，此時支線道會變成綠燈。

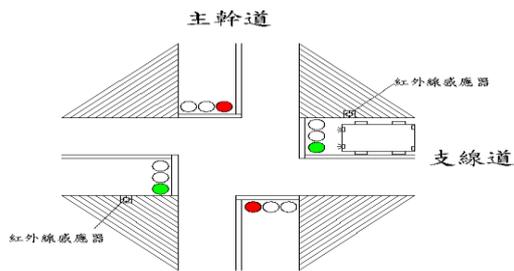


圖 16 做動示意圖

綠燈亮 30 秒過後就會在跳會原本最初始的狀態了。

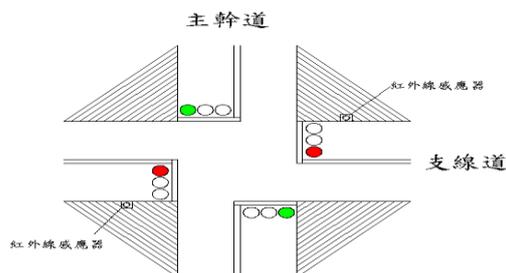


圖 17 做動示意圖

六、結論與建議:

Arduino 在這方面確實很實用，以低成本卻有大功效，真的是一個非常適合初學者的控制板，不單單只能用在 LED 燈號控制這方面還可以用在計算方面或空間狹小的地方，我們編寫智慧紅綠燈的程式雖然是寫程式裡最初階的，但也做出讓模型能依照我們的想法運作這是在專題裡我們學習到最多的，智慧紅綠燈在實際上的十字路可以依據路口的車流量設置秒數，紅外線可以選擇被動式在實際路口使用常會遇到黑色車子經過會使主動式感應器無法感應，Arduino 確實可以處理的事情很多，所以期待以後有人能將它用在更好的事物。

七、致謝:

在製作過程中，因為我們對於 Arduino 並沒有學過編寫所以在編寫程式對我們來說算是一個很困難的一關，靠著我們去圖書館參閱書籍和上網找相關資料以及請教實驗室施登原學長和吳璋特老師，雖然做的程式不複雜但卻是我們努力的一大步，感謝老師和學長提供我們對於程式上參考資料的來源和製作過程上的建議，讓我們的想法可以做出來讓大家參考。

八、參考文獻:

網站:

<http://blog.dabinn.net/%E5%96%AE%E6%99%B6%E7%89%87%EF%BC%9A%E5%85%A5%E9%96%80/>
單晶片介紹。

<http://yehnan.blogspot.tw/search/label/Arduino%E6%96%87%E7%AB%A0%E5%88%97%E8%A1%A8>

Arduino 葉難教學部落格。

http://elesson.tc.edu.tw/md221/pluginfile.php/4151/mod_resource/content/1/arduino.pdf

Arduino 基礎教學(控制 LED、使用開關)。

http://atceiling.blogspot.tw/2013/03/arduino_17.html

Arduino 基本紅綠燈號誌控制。

<https://www.youtube.com/channel/UCq0Bb0LnWWb1ls0a5QkZKQ/videos>

YouTube LazyTomato Lab 軟爛番茄工作室
Arduino 教學影片

自動化地下自行車停放系統

學生姓名：曾淮生、黃柏勛

指導老師：蔡循恒 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

為改善自行車停放問題，本專題設計與製作一套自動化地下自行車停放系統。利用 Arduino 與藍芽模組與手機進行短距離傳輸，並結合 QR code 的使用簡化介面操作。讓使用者可透過手機應用程式，以 QR code 的掃描進行車輛的停放及取出。本專題藉由程式的撰寫使系統能自動執行車輛辨識與車位判別，令系統根據判別的車位執行，完成車輛的停放及取出。

關鍵字：

自動控制, 手機應用程式, 停車系統

一、引言

隨著環境友善的意識提升，各地方政府因應趨勢而鼓勵人們搭乘大眾交通工具，另在人口較密集區域，配合大眾運輸的交通樞紐，設置公共自行車租借站，使用人數的逐漸上升，車位的需求量與所需空間也持續增加。因此衍生出一些問題，像是公園人行道、捷運站出入口及學校走道，原本空曠的道路開始漸漸改成自行車租借站。雖然自行車租借站迅速拓展為我們的生活帶來便利，卻也壓縮了我們生活的空間。為了讓空間能更有效的利用，藉由自動化地下自行車停放系統，取代目前台灣道路旁的自行車租借站，這套系統使平面上的硬體設施縮簡，藉由地下化的設置容納多輛自行車，讓自行車租借站不再壓縮道路且能容納更多的自行車，解決使用人數不斷上升面臨的車位不足的現象。希望製作本次專題能改善自行車的停放問題，使道路的空間更加舒適。

二、研究內容與方法

2.1 設備介紹：

因本專題為自動化地下自行車停放系統，為了實現：智能尋找、操作方便，將以理念模型表達對此專題的概念，下文列舉出本專題中所需求之軟體與硬體的功能元件及簡介。

2.1.1 控制設備

(1)Arduino uno

Arduino uno 其優點為：價格低廉。可跨平台操作，Arduino 可以在 Windows、Mac、OSX 和 Linux 平台上運行。操作方便，可使用 C 語言、組合語言和 JAVA 來書寫程式，擁有 14 支數位 I/O 輸出與輸入接腳以及 6 個模擬輸出與輸入的接腳，能夠讀取為數眾多的開關、感測器等元件的訊號，且可加裝擴展板，大大的提升應用版面。



圖 1. Arduino uno^[7]

(2)isPLC

專題製作初期，以 isPLC 為控制設備進行控制，其目的是希望以 PLC 做為未來的控制設備，使系統能承受地下的環境且仍保有其穩定性，因此選用價格較低廉的 isPLC 進行控制。然而在專題製作過程中發現本次專題所需的控制接點較多，無法利用

isPLC 完成，因此在後半部的製作中改用 Arduino uno 作為控制設備。



圖 2. isPLC^[8]

(3)HC-05 藍芽模組

本專題採用 HC-05 藍牙模組來負責手機接收與傳訊的控制設備，HC-05 採用 CSR 晶片，屬於全球占市率最高的藍芽通訊晶片，HC-05 可透過 AT(AT-command)指令修改藍芽模組的資料傳送率，增加手機的連線穩定性。



圖 3. HC-05 藍芽模組^[9]

2.1.2 致動設備

(1)DC 3V-6V 塑膠直流減速馬達

本專題系以理念模型表達自動化停車場，為此，我們升降與旋轉動力皆以 DC 直流減速馬達作為動力來源。



圖 4. DC 直流減速馬達^[10]

(2)L293D

一般在控制直流馬達時，若只是單一方向轉動，只需控制其電壓正負極的接腳，但本專題以 Arduino uno 程式中控制直流馬達正反轉，需在電

路運作中將直流馬達電壓轉向，因此需使用到 L293D 此 IC 元件。



圖 5. L293D^[11]

表 1. 其他材料

材料	備註
微動開關	4 個
按鈕開關	3 個
壓克力筒	(直徑 24cm*高 50cm 厚 0.5mm) 1 個
軸承	直徑 22mm 2 個

2.2 硬體安裝

為了能夠更精準地控制將硬體的製作分為三階段，分別為以下三個階段：

2.2.1 第一階段：

製作機構使直流馬達帶動升降及旋轉，分別用螺旋機構及皮帶傳動機構進行。



圖 6. 升降機構製作

2.2.2 第二階段：

機構安裝及配置線路，以 isPLC 進行軟體測試，確認機構作動正常同時校正感測器位置。

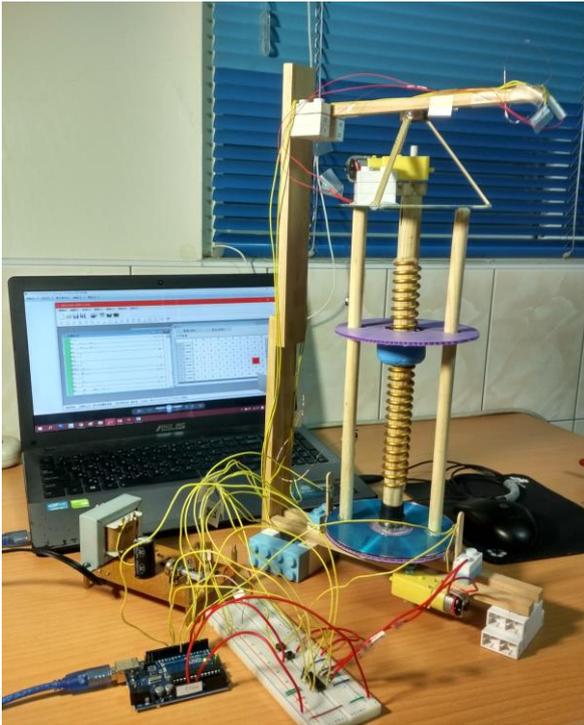


圖 7. 初步測試

2.2.3 第三階段：

為了使本系統更完善，而朝兩方面著手。其一是增加結構強度，以壓克力筒支撐作動主軸，可使系統作動時震動造成的影響降低。其二是控制器的更換，將 isPLC 改為 Arduino 做為系統的控制設備，此目的在於 Arduino 能夠提供更多的接點使系統可以結合藍牙模組與手機進行操作，符合未來趨勢。再者 Arduino 的程式語法能更精簡的實現車位判斷及分析。

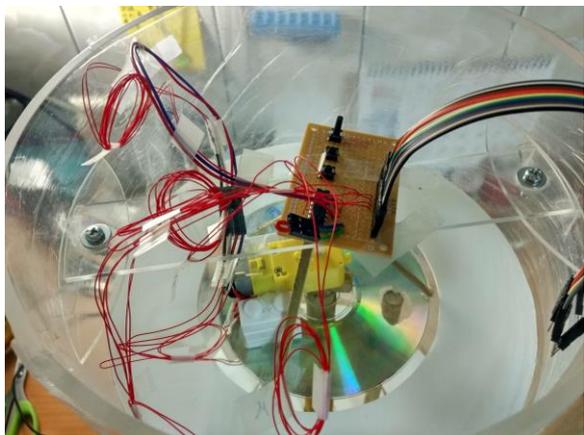


圖 8. 固定座製作完成



圖 9. 系統完體圖

2.3 系統規劃

系統根據軟體的設計可分為自動辨別的控制部分與使用者操作介面部分。

2.3.1 控制端與電路

當系統接收到指令後，自動尋找相對應之車位，自動判別完成時 Arduino 傳輸訊號，透過 L293D 執行馬達正反轉使機構升降與順逆轉，再以四顆極限開關分別控制垂直作動的上下極限以及旋轉作動的左右極限，讓機構往該車位移動。

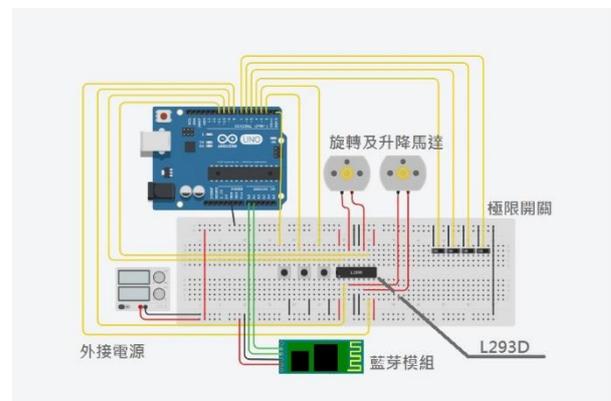


圖 10. 電路圖

2.3.2 操作介面

操作介面係以 MIT APP Inventor 2 製作手機 APP，再透過 HC-05 藍芽模組與手機傳輸資料。

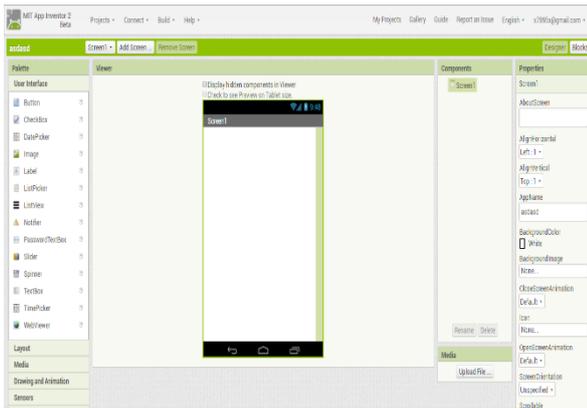


圖 11. MIT APP Inventor 2



圖 13. 介面操作

2.4 操作流程

本系統將由使用者以手機 APP 進行操作。首先開啟本系統之應用程式，按下 Scan 鈕後用手機掃描 QR code，而系統將使用 QR code 中的代碼自動執行車輛辨識並以該代碼與系統中的車位資訊進行車位判斷。而車位判斷分為停車及取車兩部分，停車時系統將逐一分析空車位位置，將該車車號寫入車位，接著執行停車動作；取車時系統將比對與車號相符之車位進行取車動作並且將該車位設為空車位。

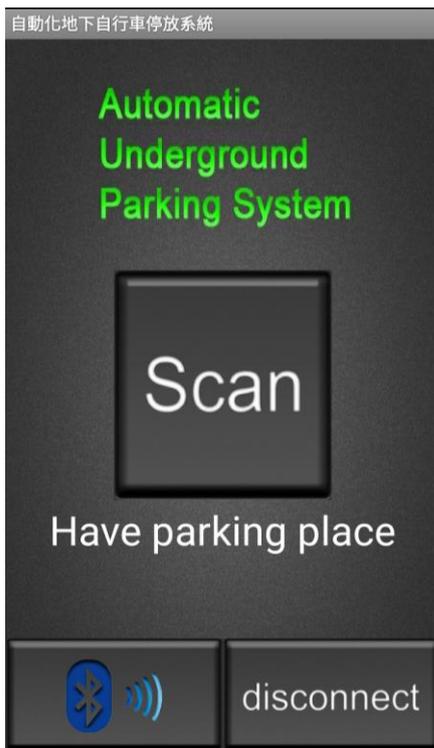


圖 12. APP 介面

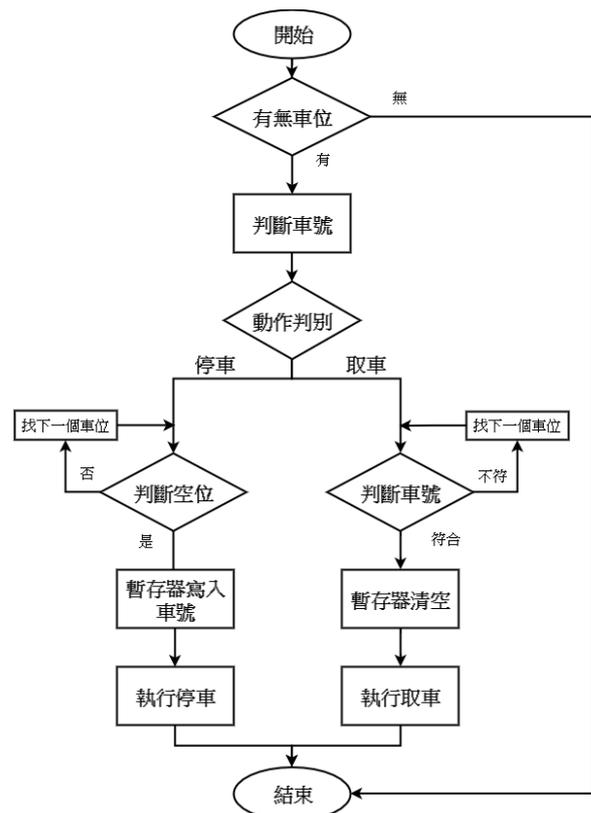


圖 14. 系統流程圖

2.5 軟體繪製

為了能更清楚表達理念模型概念，我們選擇 SolidWorks 2013 來表達對本專題的設計概念，而繪製理念模型則大致分為三大階段，分別為以下三階段：

2.5.1 零件繪製

(1)我們以直徑 12cm 厚度 5mm 圓盤作為頂部與底部轉盤，中間貫通 3cm 的圓柱，兩側則以不貫通長寬皆為 1cm 的方柱作為輔助支架。

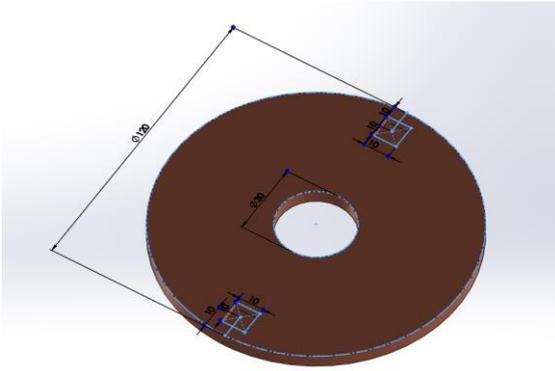


圖 15. 頂部與底部旋轉圓盤

(2)以 12cm 圓盤貫通其中間圓柱與方柱部分，作為停車塔運送台，並挖出間隔 6mm、長 41.15mm*寬 2mm*深度 2mm 的滑軌溝以便放置後面繪製的滑軌推送機構。

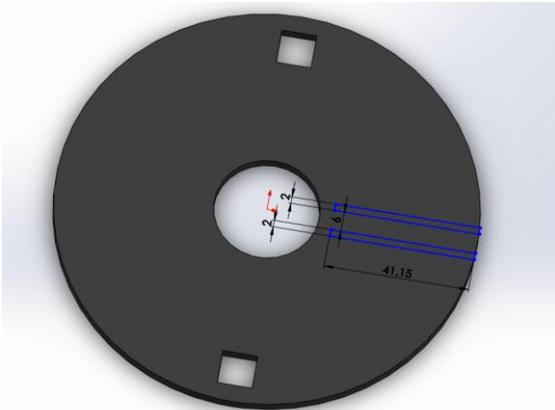


圖 16. 停車塔運送台

(3)再來以直徑 19cm 圓筒，中間挖出直徑 12cm 以便放入旋轉底盤，中層有 1.75cm 的隔板，作為模擬停車場車位隔區之用。

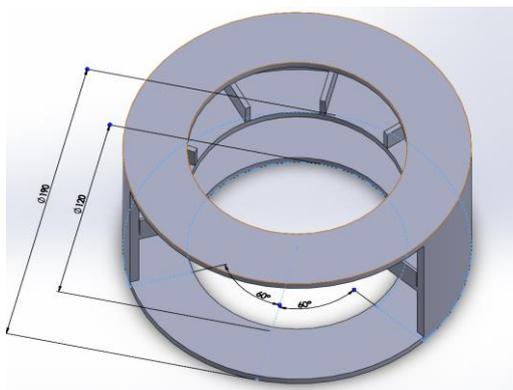


圖 17. 停車塔本體結構

(4)最後則是推送機構所需的推送裝置，總長 3.5cm 下方 2*2mm 滑塊式機構做為模擬推送機構的推送裝置，推送裝置前設有碰撞感測器。

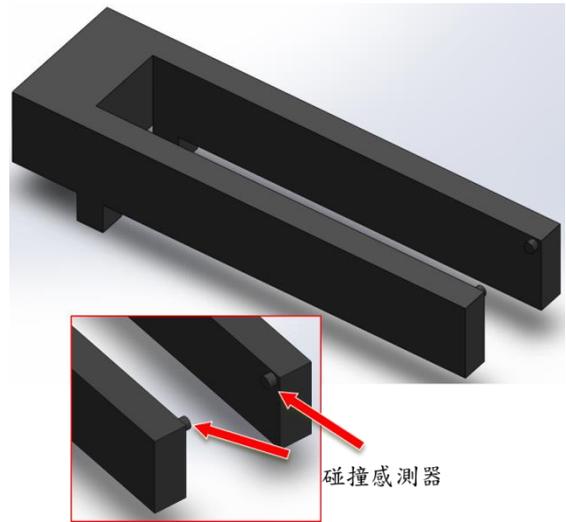


圖 18. 推送裝置

2.5.2 零件組合

(1)依序將旋轉底盤>方柱>圓柱>運送台>旋轉頂部組，並套上停車塔結構。

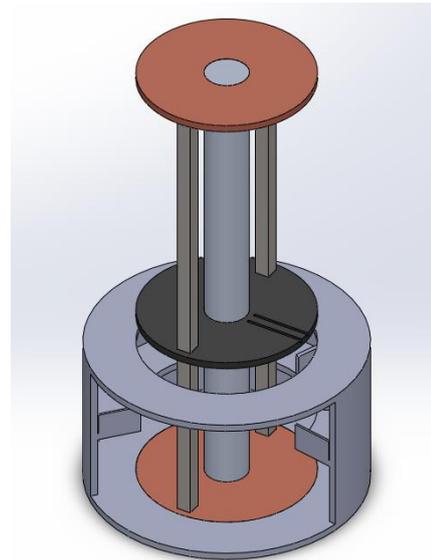


圖 19. 組合圖(1)

(2)最終套上停車塔結構樑，並在運送台上安裝推送機構，將中層切出扇形，以方便觀察最後完成所有零件組合。

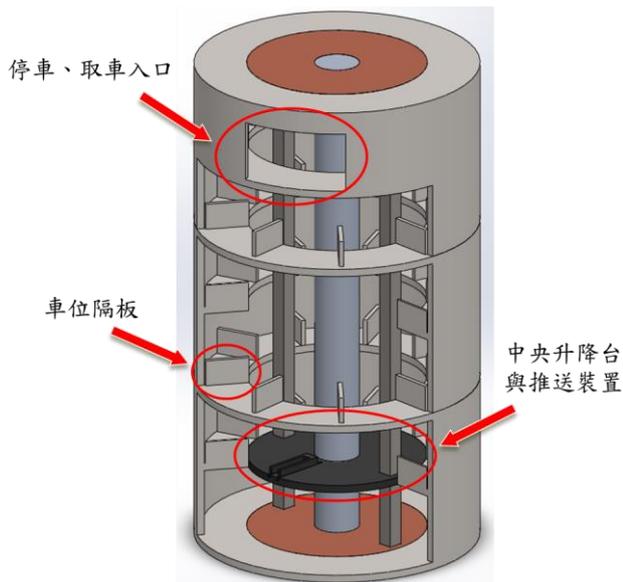


圖 20. 完成圖

2.5.3 動畫製作

SolidWorks2013 的動畫製作，將組合好的模組件利用下方功能列表[動畫製作]拉取時間條，點選[自動關鍵話格]，並拉取適當零件給予做動，做動完成後即可影像輸出 AVI 等影片模式。

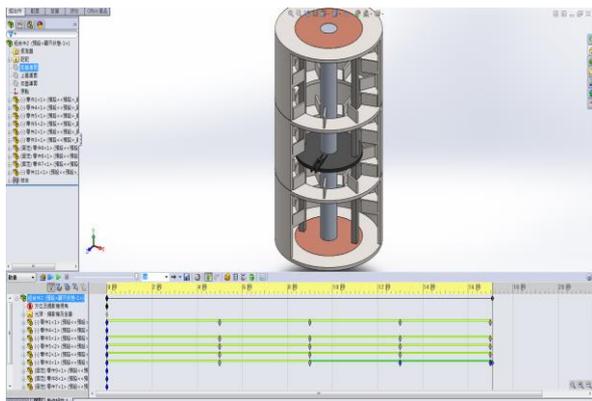


圖 21. 動畫製作視窗

三、結果與討論

在初期製作中，使用 isPLC 進行控制時因其接點不足且判斷車位的程式部分書寫攏長。因此改為 Arduino uno 做為系統控制器，Arduino uno 有 20 個接點數，足夠本次專題的應用，而其語法能簡化程式複雜度，且能更簡易的結合 HC-05 藍芽模組，使本專題能更容易達到以手機進行操作的目標。

四、未來展望

目前系統需要以手機 APP 進行操作，未來期待在 APP 上結合手機 NFC 功能、IMEI 碼辨識系統，讓使用者可以用手機感應機台進行停、取車輛之動作而無需操作介面即可完成。加入 IMEI 碼辨識能防止車輛遭偷竊，增加車輛安全性。藉由兩種科技的輔助達到全自動的目標。

五、致謝

本專題能完成首先必須感謝蔡循恒教授的指導與建議，讓我們抓住專題重點並時時提出我們沒有發現的盲點，對於我們的想法有很大的幫助及支持；感謝研究生林子清學長的幫忙，他提供了我們設備的需求，遇到難題時，也給予我們解決的方向。

六、參考文獻

1. 網路資料:

[1]張益裕, Java Embedded (11) 控制直流馬達 - 使用 L293D 晶片

<http://www.codedata.com.tw/java/java-embedded-11-parking-lot/>

[2]Texas Instruments, L293x Quadruple Half-H Drivers

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>

[3]威力自動化科技, isPLC 的硬體規格

<http://blog.xuite.net/plcduino/blog/177601287>

[4]Oliver - Arduino 世界, Arduino 課本可能沒教的事(1)

<http://arduino-oliver.blogspot.tw/2014/06/arduino-1.html>

[5]葉難, Arduino 練習: 以開關切換 LED 明滅狀態

<http://yehnan.blogspot.tw/2012/02/arduinoled.html>

[6]GitHub, Bounce

<https://github.com/jtjoheinz/Bounce>

[7]圖 1 Arduino uno

<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

[8]圖 2 isPLC

<https://www.beiclass.com/rid=193a2b75847b2258f688>

[9]圖 3 HC-05

http://www.gearbest.com/other-accessories/pp_227678.html

[10]圖 4 DC 直流減速馬達

<https://www.taiwaniot.com.tw/shop/%E9%A6%AC%E9%81%94%E8%88%87%E9%A9%85%E5%8B%95%E5%99%A8/dc-3v-6v-%E5%A1%91%E8%86%A0%E7%9B%B4%E6%B5%81%E6%B8%9B%E9%80%9F%E9%A6%AC%E9%81%94-tt%E9%A6%AC%E9%81%94-%E6%B8%9B%E9%80%9F%E6%AF%94148-%E5%B0%8F%E8%BB%8A%E8%BC%AA%E8%83%8E-%E9%A6%AC/>

[11]圖 5 L293D

<http://projectshopbd.com/product/l293d/>

[12]Giken ECO Cycle

https://www.giken.com/en/solutions/underground_developments/eco_cycle/

2. 書籍:

SolidWorks2013 原廠教育訓練手冊:實威國際編
著 全華圖書股份有限公司出版

Automated Underground Bicycle Parking Systems

TSENG, HUI SHENG

HUANG, PAI POHSUN

Dr. TSAI, HSUN-HENG

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

To improve the convenience and security of parking bicycles, we have designed and created an automatic underground bicycle parking system. By the Single-board microcontroller from Arduino, the mechanism is operated to move the target bicycle according to the solution concluded from our program. To operate the prototype, our mobile application is designed to transmit data by Bluetooth and quipped with the scanner of Quick Response Code, which enable users to do the parking and returning of their bicycles. In this project, we code the program that is capable of conducting an automatic parking system, including recognizing the location of vacancy and the parked bicycles, thus complete parking and returning actions.

Keywords:

Automation Control, Application, Parking
Systems