

二氧化碳補充對於芝麻菜生長差異研究

學生姓名:吳宇軒 郭灃慶 林承翰

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

芝麻菜(*Eruca sativa*)為十字花科芝麻菜屬的植物，全株具有濃烈的芝麻香味，其種子含脂肪油，油中含棕櫚酸(Palmitic acid)等等，含油率較高，可以用來榨油。本研究旨在採用水培耕作方式，以及探討二氧化碳濃度對植物的生長品質差異。實驗分為兩組，實驗組二氧化碳濃度範圍 $1500\pm500\text{ppm}$ ，對照組則在 $450\pm50\text{ppm}$ ，兩者溫濕度及光量皆相同，栽培 30 天後比較生長品質，實驗重複 4 次。藉此探討二氧化碳濃度對於芝麻菜之影響。

關鍵詞:水耕栽培、芝麻菜、二氧化碳

一、引言

由於近年來，土地過度開發破壞、河川汙染、工業廢氣排放造成的空氣汙染，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，又因為人口過量所造成的糧食分配不均，這些環境變遷、糧食危機及水資源問題早已成為國際之間極重要的課題。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]。

植物工廠的優點在於生長環境的控制，控制上目前已有各種感測器，像是比較常見的 EC/PH 感測器、溫濕度感測器，以及近年來大家關注的 CO_2 感測器，透過感測器的數值跟預設值去做比較，再通過比較後再去做出相應命令，進而調整植物生長的環境使環境達到人們想要的結果，不只能從中獲得植物更適合的生長環境數據，也減少外在環境風險，提高植株存活機率，人們能在更舒適環境下去做分析監測[2]。而植物生長環境之三大要素包含陽光、空氣、水。在光照部分大致上為「自然光源」與「人工光源」，而目前人工光源應用 LED 在植物工廠上雖已大幅減少能耗，但所需耗損還是相當驚人，因此植物工廠大都以高經濟價值作物為主要栽培物。空氣中影響植物光合作用之生長元素為氮氣、氧氣、二氧化碳，而二氧化碳濃度變化對於植物光合作用的影響較為複雜，不同的植物品種及不同的發育階段所產生的結果也不盡相同。相關實驗證明二氧化碳濃度提高使植物對於光

能的吸收有促進作用，但也不表示植物的光和效率會隨著二氧化碳濃度升高而無限的提高，但是二氧化碳濃度提高對於植物的變化是肯定的，而這也間接影響了外觀、株重、味道、生長週期等等，也可能會是直接影響蔬果在市場價格的指標[3]。植物工廠會採用水耕又或者氣霧培耕作法等無土栽培方法以能夠不受大環境天然災害或者汙染所影響穩定生產人類所需蔬菜及鮮果為理想，漸漸成全球流行的趨勢。在多種耕作方式上本組之所以選擇水培耕作，是因水耕技術已發展多年已有較完善的耕作方法，且又因以水來做為耕作介質，相較於傳統的土壤耕作，更容易分離或者是控制汙染物，在水資源較於全球而言豐富許多的台灣，如要發展也是比較合乎成本的耕作方式[4]。

以芝麻菜作為研究標的物。芝麻菜(*Eruca sativa*)產地分布廣泛，其喜好於較溫和、涼爽和濕潤的氣候，但較耐熱及耐旱，對土壤的適應性也強。除可生食外，營養價值也高，能治療肝、腎虛、頭眩、掉頭髮、便秘、通腸胃功能等，種子藥用還有催吐、健胃、利尿、消炎等作用 [5]。

本專題利用水耕技術針對芝麻菜之生長期進行二氧化碳補充，並於收成後進行分析實驗組及對照組之差異，種植出消費者偏好之裂葉較明顯而非圓葉外觀的芝麻菜。

二、材料及設備

2.1 本實驗場域為室外車棚溫室，以橫向式植栽床由抽水馬達及水冷機循環養液至養液桶，並配合 LED 燈架提供補光。

2.2 實驗所用到之研究儀器如下：

(1) pH 感測器(量測範圍 0.00~14.00)

(2) EC 感測器，單位 ms/m (量測範圍 0.1 mS/m ~10 S/m)

(3) CO_2 感測器，單位 ppm(量測範圍 0~5000 $\pm$ 100ppm)

(4) 溫濕度感測器，單位 $^{\circ}\text{C}$ 與% (溫度量測範圍 -40~70 $\pm$ 0.6 $^{\circ}\text{C}$)(濕度量測範圍 0-100 $\pm$ 3%)

(5) 光子計(量測範圍 400~700nm)，單位 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$

- (6) 光譜儀(量測範圍 70~70000lux)(光譜範圍 360~750nm)
- (7) 硝離子計(量測範圍 14~1400ppm)
- (8) Watch Dog 環境紀錄器
- (9) 電子磅秤(磅秤 0~260g, 最小刻度 0.001g)

2.3 實驗材料:

芝麻菜種子(*Eruca sativa* 農友種苗股份有限公司)、水培養液(台中農改場配方)水耕海綿、水盤、園藝塑鋼支架、PE 塑膠膜等等,完整請詳見附錄表 1。

三、研究內容與方法

3.1 實驗設計:

以水培種植芝麻菜,以 arduino 結合紅外線 CO₂ 感測器控制 CO₂ 鋼瓶(詳見附錄表 2)之電磁閥將實驗組空間內 CO₂ 於每日 11:00~14:00 光強度最高時控制在 1000~2000ppm,並且於 6:00 至 24:00 補光 140μmol/m²s 的 LED 白光,以避免陰天等光照不佳等情況。養液方面參照台中農改場之配方調製 200 公升,並以水冷機將水溫穩定控制在攝氏 21°C~23°C,每天量測 EC(電導率)在 130~150ms/m 之間,ph 值於 5~6 之間,並於電導率下降亦或者 ph 值下降時更換養液以確保水質穩定,為避免植物爛根等狀況發生,固定每小時以抽水馬達將養液注入植栽床循環約 10 分鐘確保植物根系能吸收養分又不會因長期泡在養液中引起爛根,考慮到養液溶氧量,每 15 分鐘為間隔以水族用打泡機灌氧至植栽床的養液中。種植方面 3 天遮光浸 RO 水催芽,第 4~6 天移至海綿浸 RO 水以 PPFD(光子)66~68μmol/m²sLED 白光光照待長出兩片葉後移株室外溫室區隔實驗組及對照組進行 30 天實驗後收成比較結果,實驗共做 3 次。

3.2 實驗步驟:

1. 以水盤盛裝溫度約 26°C 之 RO 水浸泡種子遮光約 2~3 天
2. 移至乾淨海綿以 LED 白光光照以光子計 66~68μmol/m²s 大約 3 天待長出兩片葉即可移至室外溫室定植
3. 以台中農改場芝麻菜養液配方調製 200 公升養液(詳見附錄表 3)種植 EC:100ms/m~150ms/m ph:5~6 進行定植
4. 至室外定植即開始針對實驗組補充 CO₂ 固定於 11:00~14:00 以 1000~1500ppm 進行補充 並將對照組之光照及溫濕度與實驗組環境相同
5. 避免植株長期泡在養液導致爛根或缺氧以及養液溫度不穩定等問題 設定馬達每小時固定循環經過水冷機保持水溫穩定於 21~23°C
6. 以 watch dog 記錄實驗中溫度、濕度、光量、二氧化碳濃度

7. 每兩天量測葉片生長情況 EC/ph 則每天固定時間進行量測
8. 每星期固定除草,整理溫室內環境,維持實驗場域整潔
9. 每兩星期固定換水保持 EC 值穩定
10. 定植後第 30 天進行收成 比較葉長、葉寬、葉面積、鮮重、硝酸鹽含量

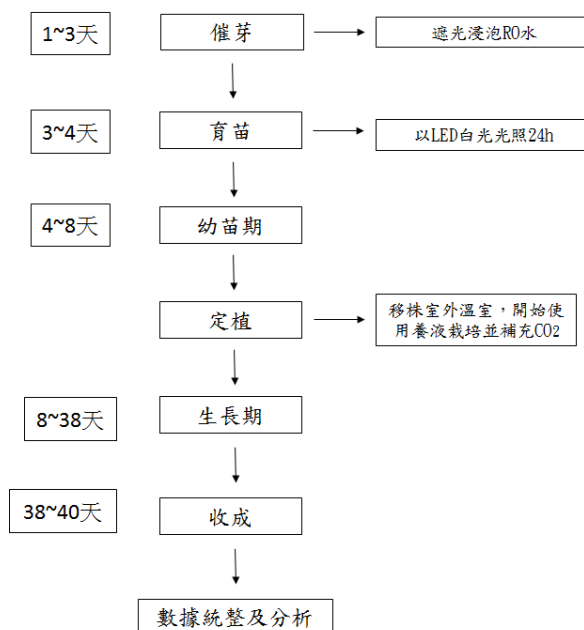


圖 1. 實驗主要流程

3.3 環境數據:

實驗共做三次,第一次實驗為 1/23~2/23、第二次實驗為 3/14~4/14、第三次實驗為 4/21~5/21,各項環境數據分別為三次實驗溫室內之溫度、濕度、二氧化碳濃度、光子平均分別如圖 2. 至圖 5., 三次實驗養液營養度/酸鹼度(EC/PH)變化分別如圖 6. 及圖 7., 以及栽培之育苗光譜如圖 8.、生長期補光光譜如圖 9.:

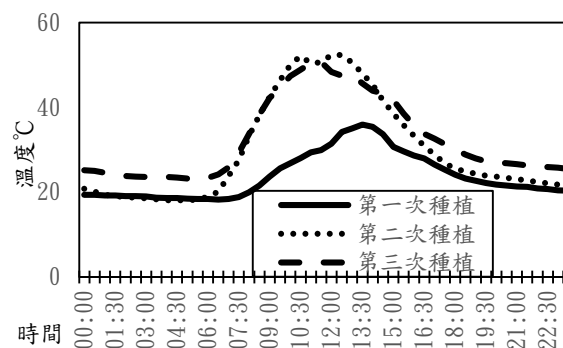


圖 2. 溫度平均

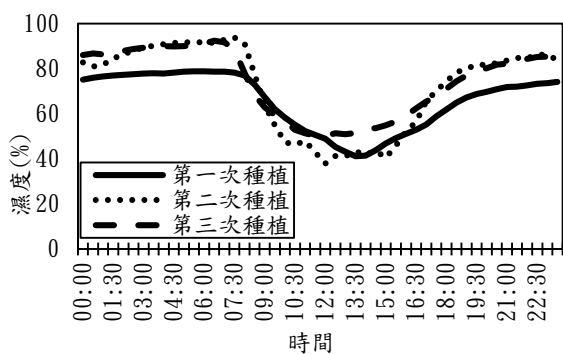


圖 3. 濕度平均

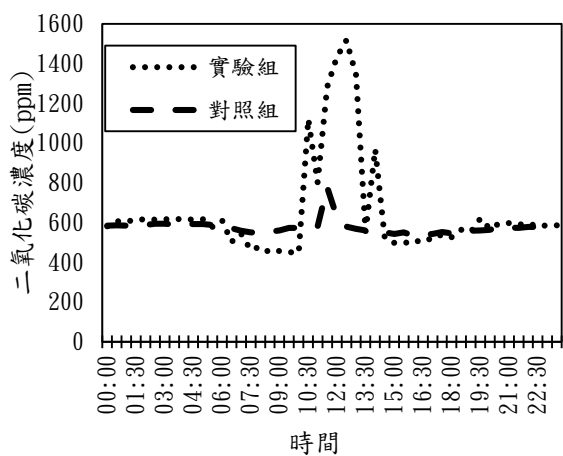


圖 4. 二氧化碳濃度

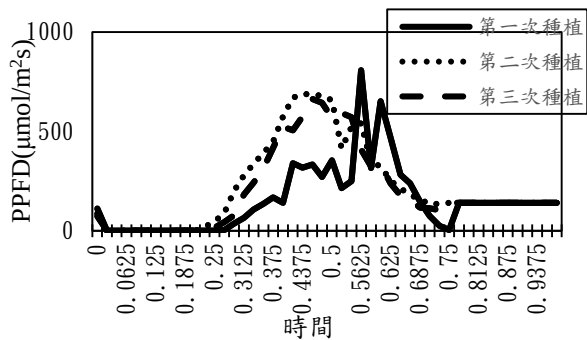


圖 5. 光量子平均

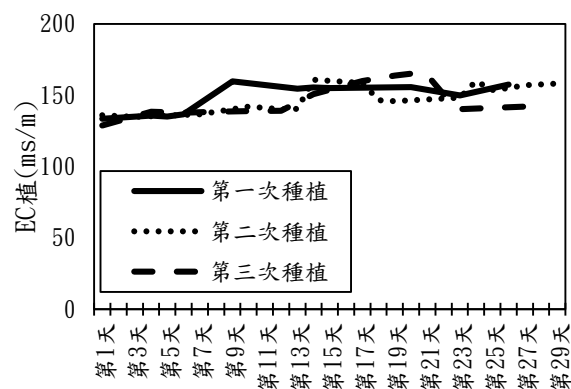


圖 6. 養液 EC 值

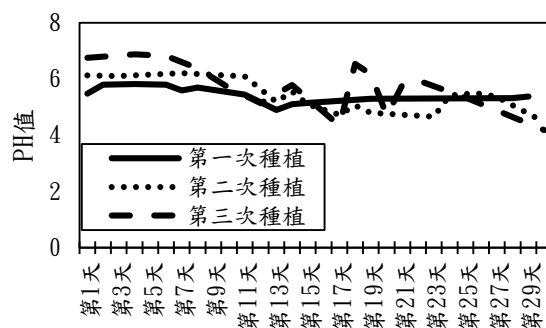


圖 7. 養液 PH 值

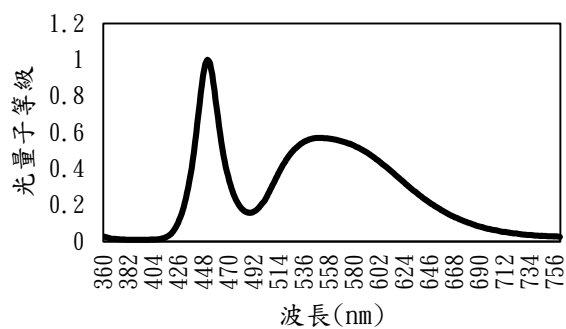


圖 8. 育苗光譜

3.3.8 三次實驗之光照部分除採自然光並在 6:00~23:59 以 LED 白光進行補光，光譜如下圖 9.：

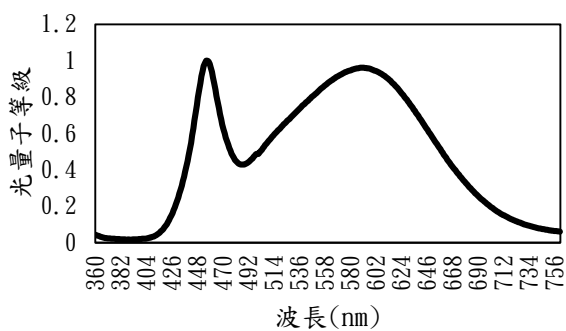


圖 9. 室外溫室量測之光譜

四、結論

4.1 透過三次的實驗結果，測量實驗組及對照組之植株的葉長、葉寬、鮮重、硝酸鹽含量、葉片生長平均等五項數據如圖 10. 至圖 14. 來進行比較：

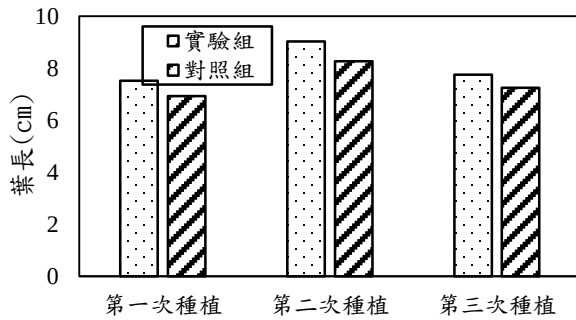


圖 10. 葉長平均

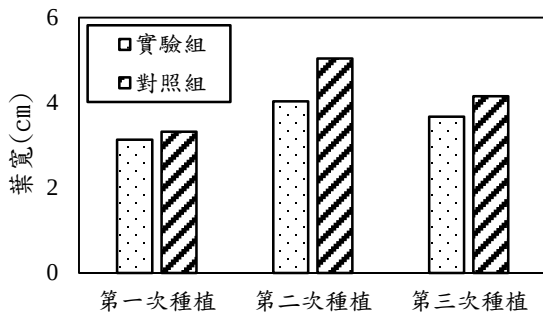


圖 11. 葉寬平均

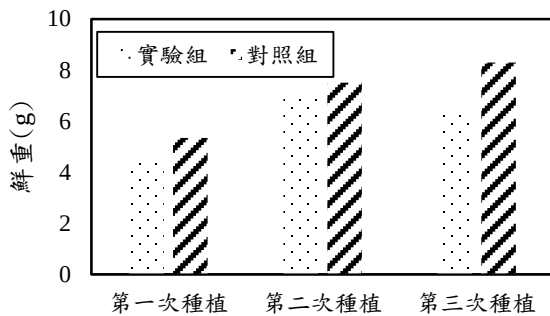


圖 12. 鮮重平均

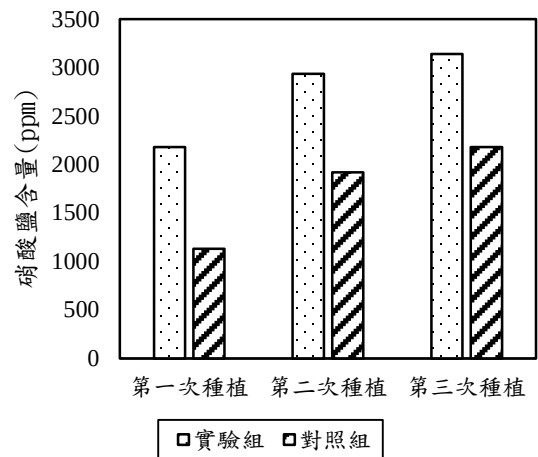


圖 13. 硝酸鹽含量

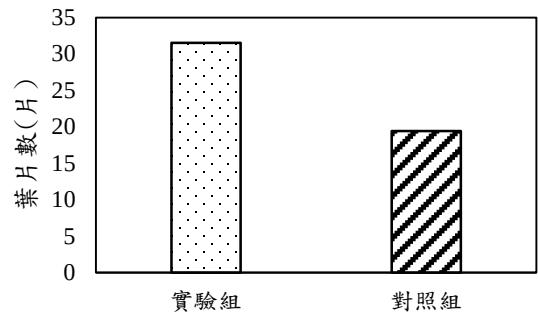


圖 14. 葉片數生長之平均

4.2 討論：

本實驗收成依其葉長、葉寬、鮮重、硝酸鹽含量、葉片數生長，而其統計方式為將採收成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 18.，三次實驗之植株收成情況正視圖及側視圖分別為圖 19. 至圖 24.：

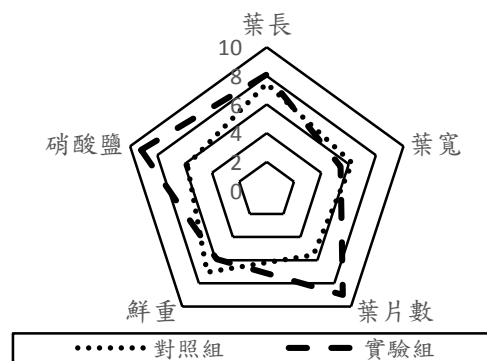


圖 18. 收成結果比較



圖 19. 第一次收成，左圖為實驗組，右圖為對照組



圖 20. 第一次收成，左圖為實驗組，右圖為對照組



圖 21. 第二次收成，左圖為實驗組，右圖為對照組



圖 22. 第二次收成，左圖為實驗組，右圖為對照組



圖 23. 第三次收成，左圖為實驗組，右圖為對照組



圖 24. 第三次收成，左圖為實驗組，右圖為對照組

1. 本專題分為實驗組及對照組做補充 CO₂ 及普通大氣之比較，共做三次，三次實驗之時間分別為 1~2 月、2~3 月、4~5 月，歸納出以下結論：

(1) 實驗組葉片生長情形較為快速，裂葉情形也較為明顯，植株較為瘦高，但是對照組之葉片較為肥大，植株也較為向外生長，不過在消費者喜好程度還是實驗組之裂葉明顯較為受到喜愛。

(2) 文獻中提到之土耕栽培建議種植溫度為 20~25℃，在試種後發現只要將養液溫度控制在 25℃ 內，儘管戶外溫度高達 50℃ 對於植株影響也不大，唯一需要注意的是避免養液蒸散至葉片表面造成葉燒。

(3) 經由硝離子計測定後，實驗組硝酸鹽濃度 > 對照組約 10%。

2. 在栽培技巧方面，也統整出以下幾點：

(1) 育苗時選用面積較大之水盤的種子發芽率 > 容積深但是面積不大之容器。

(2) 養液調配過後，若 EC 值有偏低情形可觀察 1~2 天待元素經過循環徹底溶於水時普遍會發生 EC 值升高的狀況。

(3) 在移株戶外時，盡量於子葉冒出後的 2~3 天待根系長度足夠再進行之，死亡率會相對減少。

五、致謝

非常感謝指導老師張仲良教授的耐心建議與指導，從一開始的題目討論到實驗開始一步步督促我們

照著進度直到實驗結束，也激勵我們從失敗中學習謹慎並修正錯誤。再來感謝實驗室中的各個學長給我們的幫助，並且不厭其煩的教我們操作設備或儀器還有關於栽培方面的技巧及經驗，使得本專題能順利完成。

六、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] 程遠，淺析機械自動化在農業領域的應用，科技致富嚮導 07 期，第 50~51 頁，2010 年。

[3] 時亞斌，談二氧化碳對植物生長的影響，林業勘察設計 02 期，2016 年。

[4] 朱亞萍；鄭衛紅；楊成忠；徐生林，水培種植營養液控制系統研究，中國農機化學報 04 期，第 66~68 頁，2009 年。

[5] 陽慧慧，芝麻菜高產栽培十要點，農業知識月刊 05 期，第 39~41 頁，2014 年。

[6] Zhengzhou Winsen Electronics Technology CO., LTD. , Intelligent Infrared Carbon Dioxide Module (Model: MH-Z14A) , User's Manual V1.01 , Valid from Sep 24th , 2015

[7] 楊銀娟；王偉群；施穎紅；施秀燕，珍稀蔬菜——芝麻菜的栽培技術及營養價值，上海蔬菜 03 期，2011 年。

[8] LuukGraamans ; EstebanBaeza ; Andyvan den Dobbelen ; IliasTsafaras ; CeciliaStanghellini , Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency , Volume 160 , Pages 31-43 , February 2018

[9] Christian Biernath ; Sebastian Bittner ; Christian Klein ; Sebastian Gayler ; Rainer Hentschel ; Peter Hoffmann ; Petra Högy ; Andreas Fangmeier ; Eckart Priesack , Modeling acclimation of leaf photosynthesis to atmospheric CO₂ enrichment , Volume 48 , Pages 74-87 , July 2013

[10] VaibhavPalande ; AdamZaheer ; KiranGeorge , Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth , Volume 129 , Pages 482-488 , 2018

表 1. 實驗材料

材料	數量	備註
----	----	----

塑鋼園藝支架	12	
十字管扣	12	
PE 塑膠膜	2	尺寸為 510mmx255mm
水盤	2	
鑷子	2	
燒杯	1	
定植海綿	180	

表 2. 控制方面使用材料

材料	數量	備註
Arduino uno 控制板	1	
MH-z14a 紅外線 CO ₂ 感測器	1	
Micro SD 擴充記憶卡	1	
Arduino relay	1	
8k 電阻	3	
3k 電阻	3	

表 3. 養液元素(200L)

材料	重量(公克)
硝酸鈣	94.4
硝酸鉀	80.8
磷酸一銨(磷酸二氫銨)	30.8
硫酸鎂	98.4
氫氧化鉀	0.98
嵌合鐵	2
硼酸	0.6
氯化錳	0.2
硫酸鋅	0.018
硫酸銅	0.008
鉬酸鈉	0.002

The effect of growth response of Arugula with Carbon Dioxide supplemental

Student name:

Wu,Yu-Hsien

Kuo,Fong-Chin

Lin,Cheng-Han

Instructor:

Professor Chang,Chung-Liang

Department of Biomechanics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

The arugula (*Eruca sativa*) is a plant of the cruciferous genus *Amaranthaceae*. The whole plant has a strong sesame aroma. The seeds contain a fatty oil, and the oil contains palmitic acid and so on. The oil content is high and can be used to Press oil. The purpose of this research was to adopt hydroponic farming methods cultivation practices and to explore the differences in carbon dioxide concentration on plant growth and quality. The experiment was divided into two groups. The concentration of carbon dioxide in the experimental group was 1500 ± 500 ppm, and that of the control group was 450 ± 50 ppm. The temperature, humidity, and light amount of the two groups were the same. The growth quality was compared after 30 days of cultivation. The experiment was repeated four times. To explore the effect of carbon dioxide concentration on arugula.

Keywords: hydroponic cultivation, arugula, carbon dioxide

有無雨刷攝影機拍攝影像模糊度比較

學生姓名：江愷恩、賴建宏、馬嘉璟

指導老師：謝清祿 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

攝影鏡頭在現今的世界被廣泛運用在我們的生活當中，可以無需耗費人力做長時間的影像蒐集，且可以隨時隨地觀看監視影像的特性。本專題於港口旁加設攝影鏡頭的可行性與攝影系統的穩定性，於海邊作業時的天氣變化以及其他外在影響因素中對鏡頭的影響。首先將加裝雨刷與未裝雨刷的攝影鏡頭錄製好的影片於一日當中不同時段個別截圖，分別為攝影全景與測試色板截圖，在 MATLAB 當中進行影像模糊度分析，從獲得到的數據上比較影像是否模糊，隨著一日當中不同時段，日照長短、天氣變化對鏡頭影響的模糊度也不盡相同，並再將長日累積出來的各時段模糊度分析統合，由數據分析出來的數值曲線判別雨刷改善模糊的情況，在原圖比較下，有雨刷會比無雨刷模糊度較高，而在截圖的比較下，有雨刷比無雨刷較為清晰；以及探討未加裝雨刷鏡頭的錄影品質隨著時間增加而改變的情形，比較得證出兩個鏡頭之間兩者不同的差異。

一、引言

現今科技日新月異，現在人們對於攝影機需求日益遽增，從標清到高清跨越，現在的 4k，未來的 8k，實現了影像監視從「看得見」到「看得清」的轉變。而高清的作用不僅止於此，高解析度的影像畫面，不僅能夠讓人類看得更清楚外，也能讓機器「看」得更加清楚，從中讓機器更容易讀懂畫面中的內容，更精準的提取出人們所需要的有效訊息。

智慧分析和影像結構化的過程，也是智慧和大量數據應用的基礎。智慧分析的準確率與智慧算法、設備性能等很多因素相關，而高清的影像源永遠是最基礎、最具決定性的因素。

機器視覺[1]是配備有感測視覺儀器的檢測機器，可用於測量物體尺寸大小，辨識特定物體、人或者圖像。隨著

目前的技術發展，機器視覺可快速獲取大量訊息，而且易於自動處理，特別在於處理大量物品中，用人工檢測的效率低且精準度不易掌控，用機器視覺檢測可大大提升效率和生產的自動化程度，以及高度訊息整合。從機器視覺的主要架構來看，可分為影像的擷取、影像的處理和分析、輸出或顯示三大步驟，在要求自動化、精準化以及高速化的前提之下，在機器視覺技術的影像擷取，例如解析度、像素大小很重要，但本專題於海邊的實驗，不像一般情形下的穩定，有著許多外在因素的改變，可能會使得影像變得模糊，但人眼辨識可能因為個人主觀意識的不同，而對於模糊影像的定義也不盡相同，沒有客觀的基準比較，反觀於如用影像處理的技術來分析模糊度，有著客觀的依據，更能有效管理影像的品質，控制影像模糊程度的範圍，大大提高機器視覺辨識的成功率。

影像是否模糊、模糊程度為何，可以透過演算法[2][3]得知，清晰的影像呈現明確的邊緣變化，相鄰的像素間其灰階值的差異性或梯度值[4]越大，模糊影像當中則無這些現象，使用高通濾波器[5]的頻域濾波[6]方法，求得影像高頻資訊，則可以將這些資訊作為影像清晰或模糊的根據，一個清晰的影像，高頻能量大所得的影像清晰度高，模糊影像則高頻能量低所得影像清晰度低，其中論文[7]中提到幾個模糊估測的方法，非參考式邊緣峰態模糊估測：此方法先用 Canny 邊緣偵測[8]找邊緣點，再由邊緣點從梯度影像找相鄰兩邊最小值，兩者間距，代表此邊緣的寬度（寬度越小，越銳利），求得平均寬度後計算數值，影像越銳利表示數值越小。感知模糊估測：在偵測影像時，先經過邊緣尋找，然後用門檻值把雜訊和不明顯區域去除掉，再來找邊緣的起始點與結束點，兩者的距離就是模糊度。

於期刊論文[9]中提到，其中影像差異值法的運算方式包括 Amplitude、Variance、Squared Gradient 和 Sum-Modules-Difference，而影像梯度值法的運算方式包括有 Tenengrad 和 Laplacian。然而這些演算法都有大量的影像資料需要運算，所花費的時間較長，造成對焦系統

速度慢的不良效率。因此運用調制轉換函數 (Modulation Transfer Function, MTF) 檢測鏡頭解像力的空間頻域觀念，來代表影像的對比度和銳利度，快速求得影像的清晰度值，由於 MTF 運算只使用加法與減法，有效的減少影像計算量因而提升清晰度演算法的計算速度。

在影像處理方面已經有許多計算模糊度的方式，並無一定要使用特定方式來計算模糊度，因此我們可以更有效率地計算出客觀的影像模糊度，統計各方式計算得的模糊度值，將所有數據進行交叉比對，最後求得數據最客觀之模糊度。

本實驗是要測試有無雨刷攝影機之差異，使用 MATLAB 軟體進行分析模糊度，我們會期望具有清潔效果的雨刷攝影機所呈現的效果會比較好，但光用分析出來的模糊度無法有效說明兩者攝影機所拍攝的模糊差異為何，因此必須透過統計學 T 檢定分析收集到的模糊度數據，T 檢定出來的結果 p 值雙尾 < 0.05 表示有顯著差異， p 值雙尾 > 0.05 為無顯著差異，並且表示成表格，以便更容易了解各時段的模糊比較情形。

本研究目的如下

1. 應用有無清潔雨刷護蓋的兩台攝影機並於港口拍攝所需影像
2. 利用 MATLAB 分析有無雨刷影像的模糊度
3. 利用統計檢定比較有無雨刷影像的模糊差異

二、研究內容與方法

拍攝時間: 2017/5/12~6/23 和 2017/9/15~11/22

拍攝地點: 國立東港海事水產職業學校(靠近東港海港，參考圖 1)



圖 1 位置地圖

(1) 實驗器材



圖 2 有雨刷攝影機 型號:HM-AF35X51B



圖 3 無雨刷攝影機 型號 EHD935F



圖 4 PLC 型號 FBS-20MAR2-AC



圖 5 錄影主機 型號:EMV400 FHD

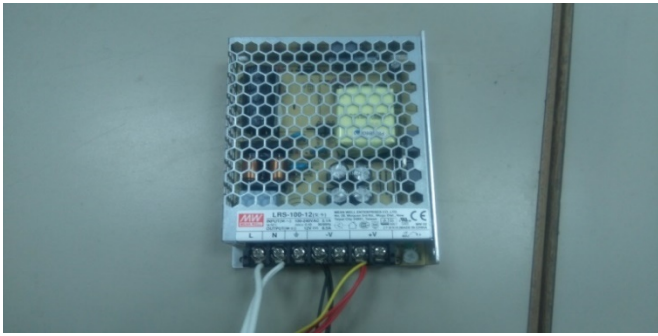


圖 6 電源供應器 型號:LRS-100-12

(2) 拍攝方式和資料收集

使用攝影機進行錄影，並分為有雨刷攝影機和無雨刷攝影機兩種，所拍攝影像中包含本身的背景以及我們所準備的色票，而雨刷作動是以 PLC 控制時間設為 6 點 30 分，將全天的拍攝影片分時段進行截取，每段時間皆為 1 分鐘，分別為 6 點 30 分、7 點 00 分、12 點 00 分、15 點 00 分、20 點 00 分，作為我們所使用的資料，其中雨刷動作時間點為抽樣收集。

雨刷樣本

日期	內容
2017/05/25	6 點 30 分 33 秒雨刷動作
2017/09/16	6 點 30 分 50 秒雨刷動作
2017/09/22	6 點 30 分 51 秒雨刷動作
2017/09/23	6 點 30 分 49 秒雨刷動作
2017/09/29	6 點 30 分 35 秒雨刷動作
2017/09/30	6 點 30 分 32 秒雨刷動作
2017/10/06	6 點 30 分 18 秒雨刷動作
2017/10/07	6 點 30 分 15 秒雨刷動作
2017/10/13	6 點 30 分 00 秒雨刷動作
2017/10/14	6 點 29 分 58 秒雨刷動作
2017/10/20	6 點 29 分 42 秒雨刷動作
2017/10/21	6 點 29 分 39 秒雨刷動作
2017/10/27	6 點 29 分 23 秒雨刷動作
2017/10/28	6 點 29 分 21 秒雨刷動作
2017/11/03	6 點 29 分 05 秒雨刷動作
2017/11/04	6 點 29 分 00 秒雨刷動作
2017/11/10	6 點 28 分 43 秒雨刷動作
2017/11/11	6 點 28 分 43 秒雨刷動作
2017/11/17	6 點 30 分 57 秒雨刷動作
2017/11/18	6 點 30 分 53 秒雨刷動作
2017/11/22	6 點 30 分 43 秒雨刷動作

(3) 本實驗影像分析方式

將所有截取影片進行截圖取 3 張圖秒數為隨機，而有雨刷作動之時段在分為作動前與作動後各截取 3 張，影像檔案類型為 JPG，檔案像素由 RGB 色域組成，圖片的大小為 813×540，而且為了去除可能的外在因素影響，也將原圖去除背景裁切只留下純色票之影像大小為 254×168 的截圖進行對照，然後使用 MATLAB 軟體 blurMetric.m[10]進行影像的模糊度分析和 testBlurMetric.m 進行讀取檔案，將影像彩色及灰階的模糊度以數值表現，數值靠近 0 為清晰，靠近 1 為模糊，最後將所有得到的資料進行 T 檢定 [11][12]，來判別有雨刷攝影機和無雨刷攝影機所拍攝圖像是否有顯著差異。



圖 7 無雨刷原圖



圖 8 有雨刷原圖

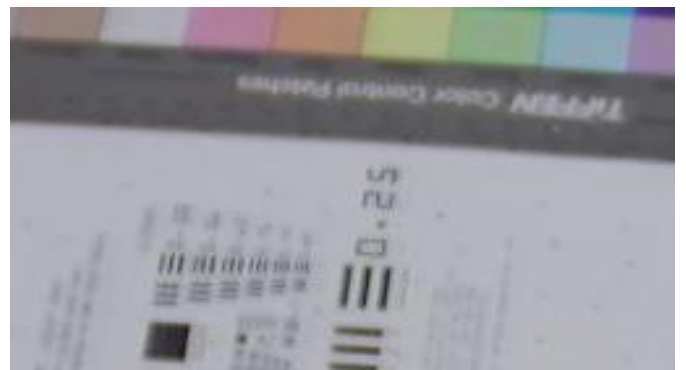


圖 9 無雨刷截圖



圖 10 有雨刷截圖

(4) 分析流程圖和說明

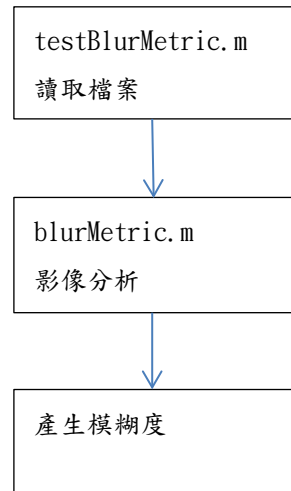


圖 11 流程圖

1. 在 testBlurMetric.m 中輸入原圖或截圖的檔名讀取檔案。
2. blurMetric.m 將 testBlurMetric.m 中輸入之影像定義行向量及列向量。
3. 將輸入之影像模糊，使用濾波處理。
4. 依原圖像素大小、原圖模糊後像素大小把 x 軸、y 軸第一點為基準，從 x、y 軸第 2 點將所有行、所有列進行相減。
5. 將第 4 項所得之所有行及所有列的值相減並和 0 做大小比較，取較大之數值。
6. 依原圖及原圖減去模糊原圖之水平、垂直變化，去除掉座標 (1, y)、(x, 1)、(max, y)、(x, max) 之範圍 (即圖像外圍)，將所有行以及所有列之陣列進行二次加總。
7. 將原圖及原圖減去模糊原圖之水平變化量及垂直變化量各自相減，並除以原圖減去模糊原圖二次加總值，取數值較大者，該數為圖像模糊度。
8. 最後將得到之模糊度以數值顯示於 MATLAB 視窗。

統計檢定

進行統計分析時候，會提出虛無假設和對立假設，虛無假設通常是研究者欲推翻之統計假設，當虛無假設不成立，則接受對立假設的結果，那我們的實驗是有無雨刷攝影機拍攝影像模糊度比較，所以虛無假設是認為二者無差異，藉由 t 檢定之 p 值判斷二者是否有顯著差異，如果有便推翻虛無假設，接受對立假設之結果為二者有差異。

分析因子

1. 有雨刷和無雨刷之差別
2. 雨刷作動前後之差別
3. 原圖和截圖之差別
4. 彩色和灰階之差別
5. 分為各個時段

利用上述分析因子產生如下表格，並根據其狀況使用不同的 T 檢定進行比較，由 p 值 ($T \leq t$) 雙尾來判斷是否有顯著差異，p 值雙尾 ≤ 0.05 表示有顯著差異，p 值雙尾 > 0.05 為無顯著差異。

三、結果與討論

(1) 曲線圖走勢

以下曲線圖為彩色圖像各時段原圖與截圖有無雨刷模糊度之比較，有些時段單於曲線圖的走勢方面，曲線相當的接近，用肉眼難以清楚判定，因此在曲線圖之後加上 T 檢定的分析數據表格來加以說明表示客觀的模糊度數值，比較模糊度是否有明顯差異。

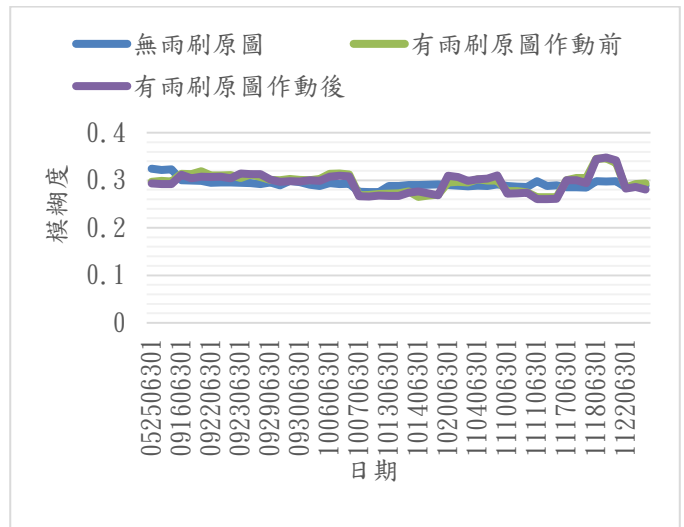


圖 12 06:30 有無雨刷原圖比較

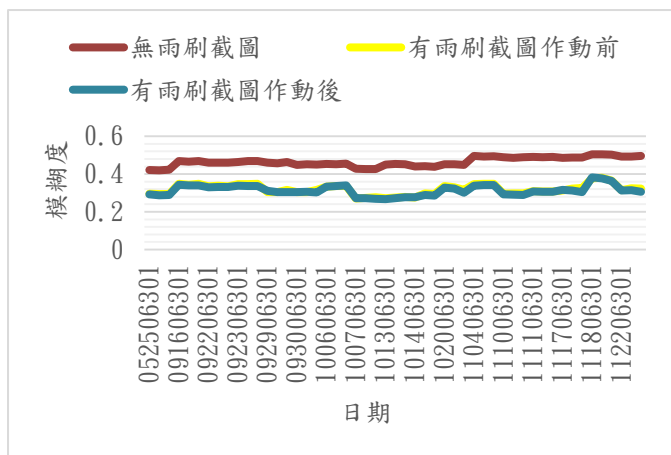


圖 13 06:30 有無雨刷截圖比較

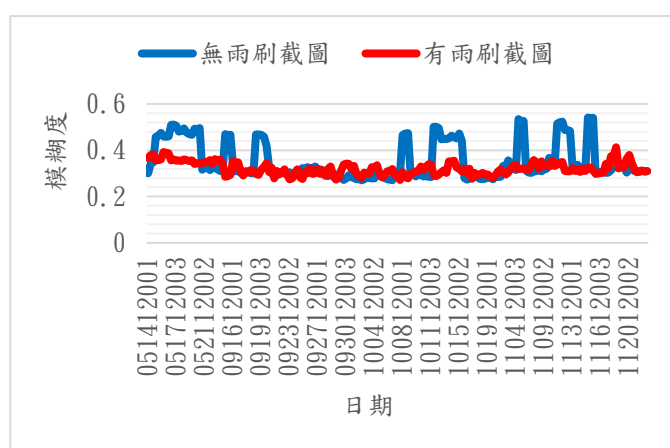


圖 17 12:00 有無雨刷截圖比較

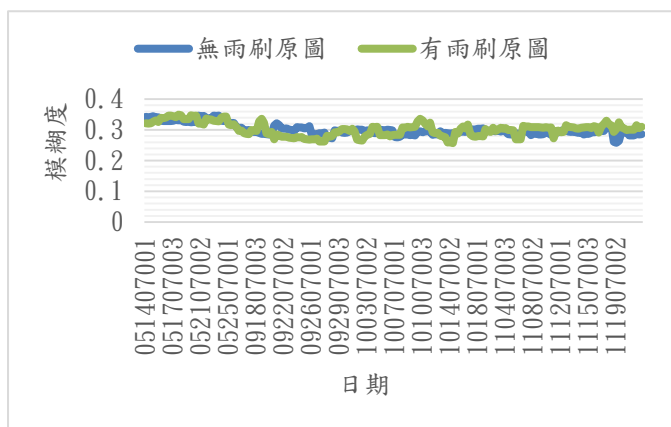


圖 14 07:00 有無雨刷原圖比較

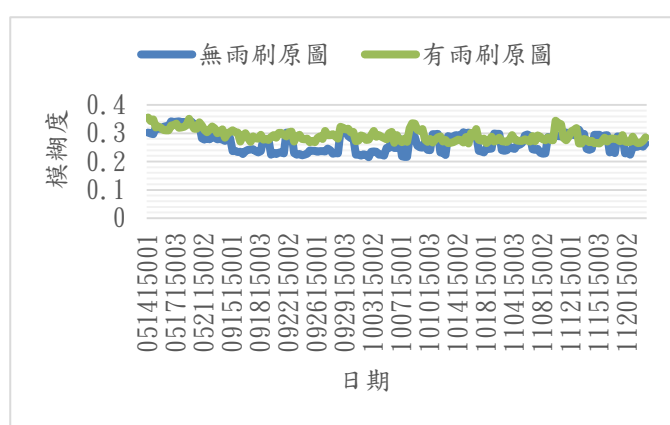


圖 18 15:00 有無雨刷原圖比較

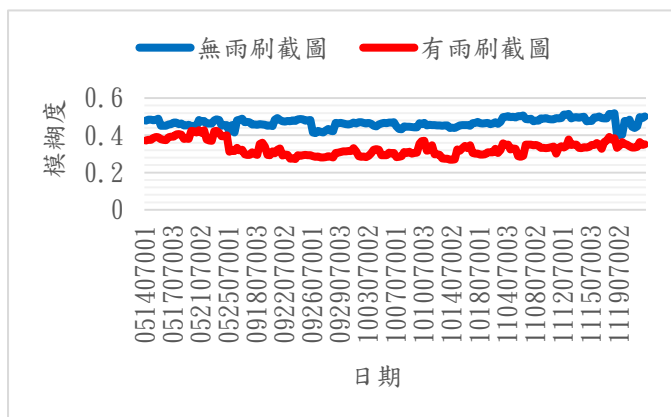


圖 15 07:00 有無雨刷截圖比較

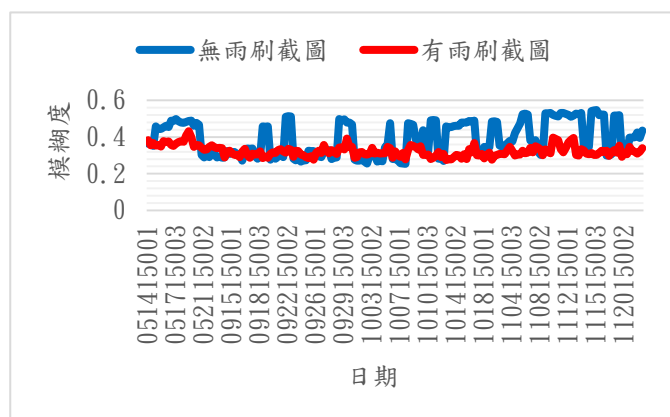


圖 19 15:00 有無雨刷截圖比較

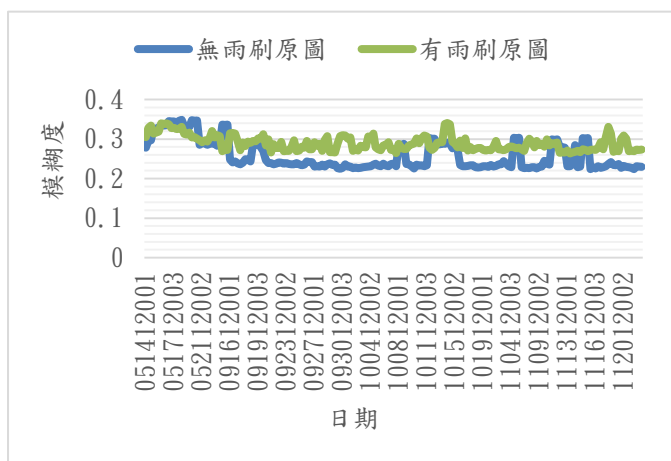


圖 16 12:00 有無雨刷原圖比較

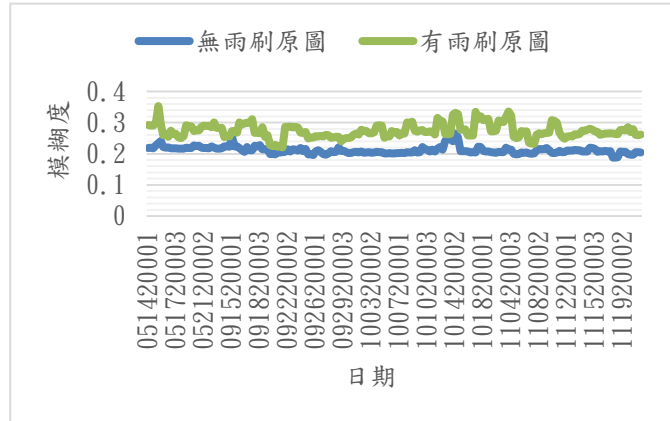


圖 20 20:00 有無雨刷原圖比較

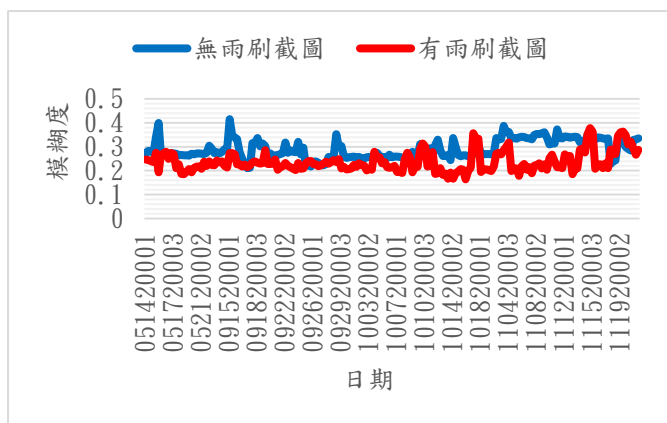


圖 21 20:00 有無雨刷截圖比較

(2) 分析之平均數

時間	名稱	原圖	截圖
06:30	有雨刷作動前	0.318±0.03	0.313±0.03
	有雨刷作動後	0.296±0.02	0.294±0.02
	無雨刷	0.285±0.02	0.465±0.02
07:00	有雨刷	0.302±0.02	0.330±0.04
	無雨刷	0.293±0.02	0.467±0.04
12:00	有雨刷	0.288±0.02	0.322±0.03
	無雨刷	0.252±0.04	0.351±0.08
15:00	有雨刷	0.288±0.02	0.324±0.03
	無雨刷	0.260±0.04	0.388±0.09
20:00	有雨刷	0.275±0.02	0.236±0.04
	無雨刷	0.210±0.01	0.290±0.04

表 1 分析之平均數

T 檢定：成對母體平均數差異檢定		
	有雨刷截圖 作動前	有雨刷截圖 作動後
平均數	0.318	0.313
變異數	0.00075	0.00076
觀察值個數	51	51
皮耳森相關係數	0.979	
假設的均數差	0	
自由度	50	
t 統計	6.325	
P(T<=t) 單尾	3.41E-08	
臨界值：單尾	1.676	
P(T<=t) 雙尾	6.82E-08	
臨界值：雙尾	2.0086	

表 2 有雨刷截圖作動前後比較

T 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等		
	無雨刷原圖	有雨刷原圖
平均數	0.293	0.302
變異數	0.00057	0.000426
觀察值個數	240	240
皮耳森相關係數	0.0005	
假設的均數差	0	
自由度	478	
t 統計	-4.172	
P(T<=t) 單尾	0.000018	
臨界值：單尾	1.65	
P(T<=t) 雙尾	0.000036	
臨界值：雙尾	1.96	

表 3 有無雨刷原圖比較

(3-1) T 檢定分析結果統整

時間	比較	P 值	顯著 差異	較為清晰
6:30	有雨刷截圖作動前	P< 0.01	有	有雨刷截圖作動後
	有雨刷截圖作動後			
	有雨刷原圖作動前	P=0.042	有	有雨刷原圖作動後
	有雨刷原圖作動後			
	無雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖作動前			
	無雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖作動後			
	無雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖作動前
	有雨刷截圖作動後			
	有雨刷原圖作動前	P< 0.01	有	有雨刷原圖作動前
	有雨刷原圖作動後	P< 0.01	有	有雨刷原圖作動前
	有雨刷截圖作動後			
	無雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖			

(3-2)彩色和灰階比較

07:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷原圖

12:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷原圖

15:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷原圖

20:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖

時間	比較	P 值	顯著 差異	較為清晰
7:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P=0.33	無	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P< 0.01	有	有雨刷彩 色原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.66	無	無雨刷彩 色截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P=0.57	無	有雨刷灰 階截圖

12:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P=0.08	無	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P=0.1	無	有雨刷彩 色原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.87	無	無雨刷彩 色截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P=0.49	無	有雨刷灰 階截圖

15:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P=0.052	無	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P=0.78	無	有雨刷灰 階原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.85	無	無雨刷彩 色截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P=0.47	無	有雨刷灰 階截圖

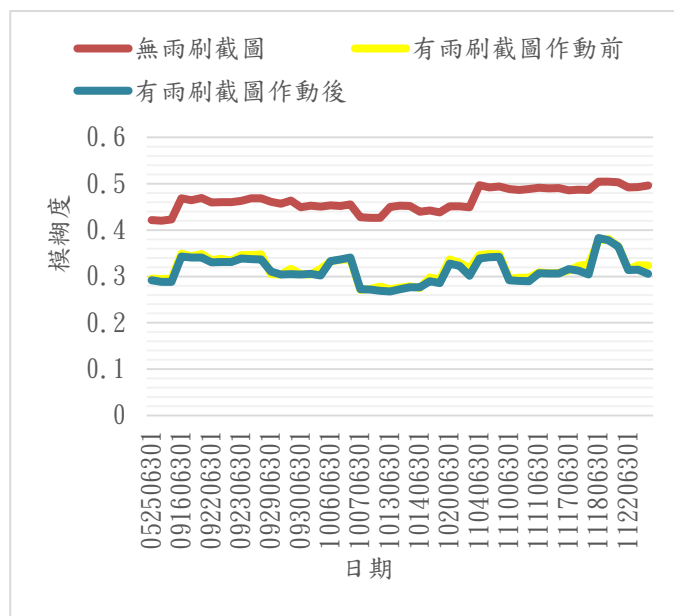
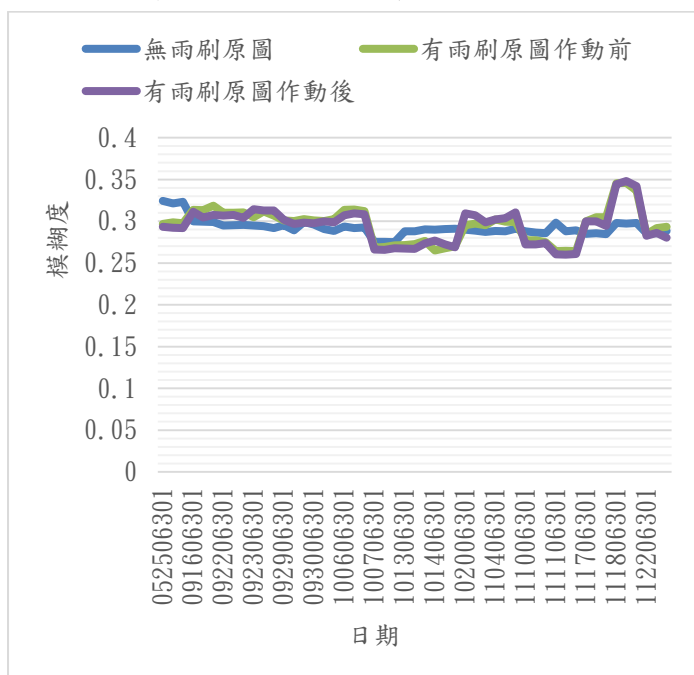
20:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P< 0.01	有	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P< 0.01	有	有雨刷灰 階原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.17	無	無雨刷灰 階截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P< 0.01	有	有雨刷灰 階截圖

(4) 影像損壞和不使用部分

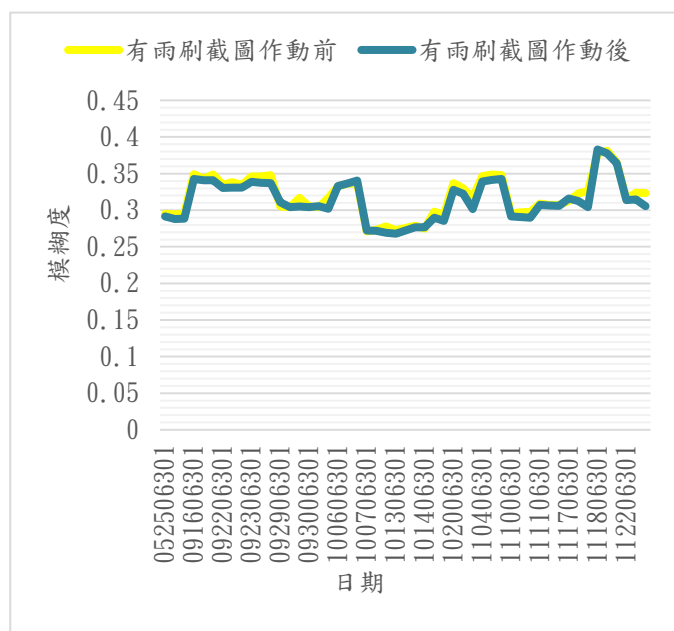
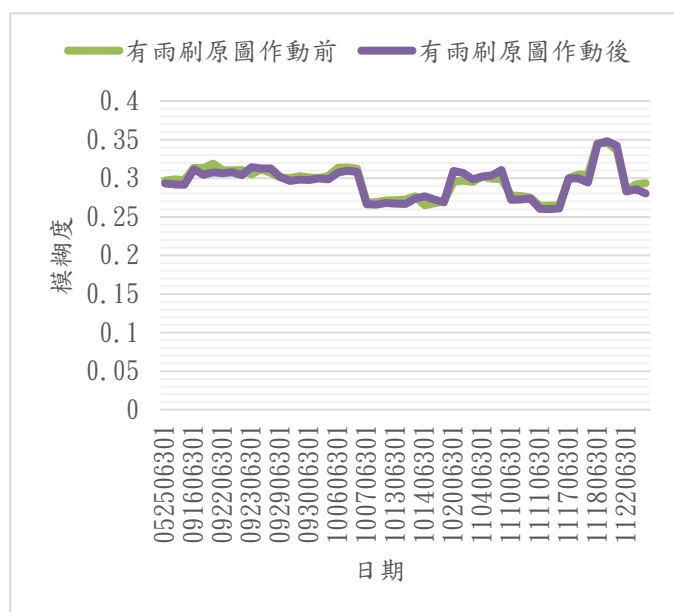
日期	內容
2017/05/12~05/13	架設設備後，拍攝之目標物發生傾斜，所以直接採用 5/14 後已傾斜之檔案。
2017/05/27~06/08	可能是連日下雨使錄影設備異常，皆無錄影資料。
2017/06/09~06/23	能使用之檔案不多，所以捨棄不使用。
2017/10/20~11/03	無截圖資料，因色票損毀，於 11/3 12 點後恢復。
2017/11/05	12 點 00 分無雨刷檔案損毀，原圖、截圖皆無檔案。
2017/11/18	15 點 00 分無雨刷檔案損毀，原圖、截圖皆無檔案。

(5) 比較之結果

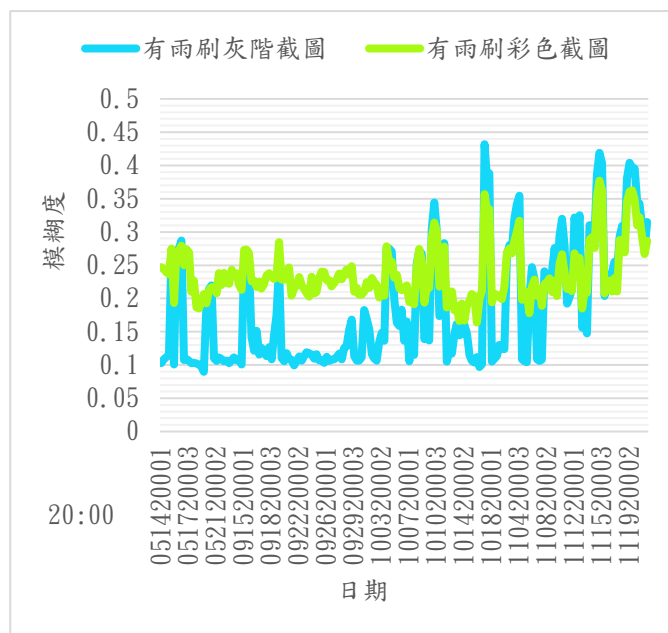
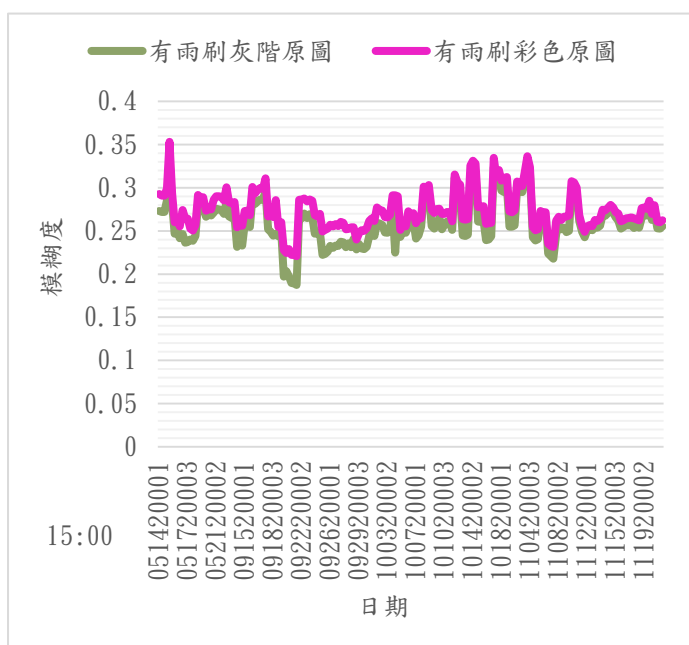
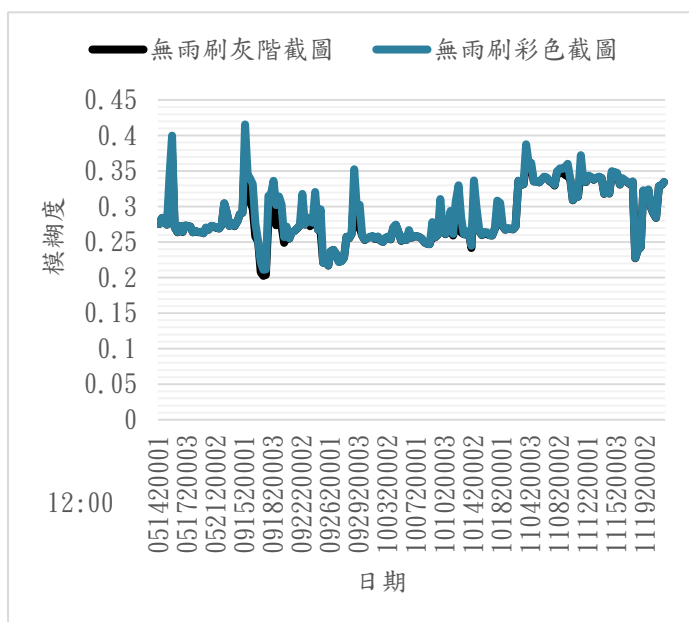
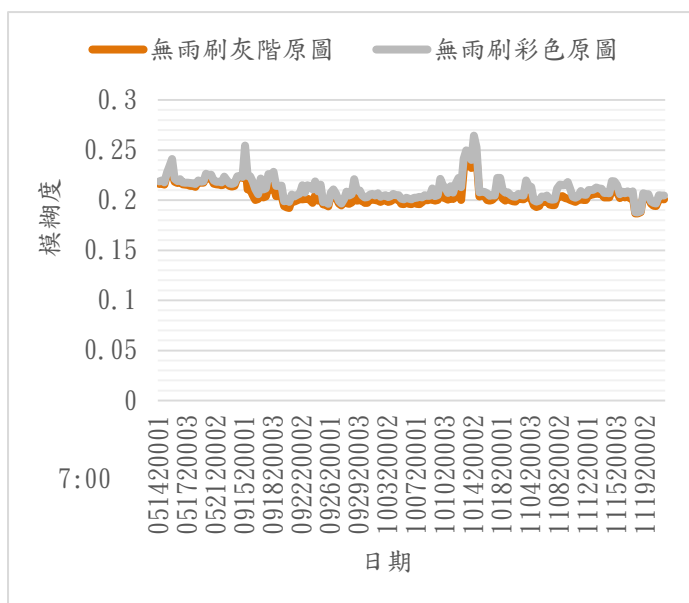
1. 在原圖比較下，無雨刷會比有雨刷較為清晰，而在截圖的比較下，有雨刷比無雨刷較為清晰。



2. 在雨刷作動前後的比較下，原圖和截圖都是作動後較為清晰。



3. 在灰階和彩色的比較下大多數為無差別，晚上 8 點之時段皆是灰階較清晰。



在原圖比較下，有雨刷會比無雨刷模糊度較高，而在截圖的比較下，有雨刷比無雨刷較為清晰；在截圖的情況下，由於截圖的部份是我們所要的色票部分，所以正常的情况下，鏡頭被雨刷刷過之後較為清晰，較為理想。在原圖的部分，可能是因為攝影機的性能、拍攝距離以及一些外在的環境影響，拍攝的部分包括到背景，然而有無雨刷攝影機所拍到背景之干擾因素不同，導致在原圖的比較下，有雨刷的部分是較為模糊的。

在彩色及灰階的比較，晚上 8 點是灰階影像較清晰，認為是在光線不足的狀態將圖像轉灰階能夠增強影像的模糊辨別，所以得到的數值較為清晰。

對本次實驗的改善，有雨刷攝影機應該要定期去做清潔雨刷，使清潔效果保持，避免雨刷上的髒污使鏡頭模糊，讓實驗結果增添變數，影像損毀部分，多是因為下大雨的關係且防水措施不完善導致錄影設備無法順利運作，因此我們在經歷梅雨季這段時間後，在各線路接頭上用防護套加強了防水功能，並將電線重新固定與排列整齊，在考慮到暑假是颱風旺季的前提之下，容易降下豪大雨以及颶強風使得實驗設備的損壞，便暫停實驗待到開學後才重新進行攝影，因為有之前的經驗，於是開學後的實驗就比較順利，颱風旺季過去後，氣候穩定得以順利進行，因此我們認為改善防水措施及電線的擺佈顯得十分重要，本研究之攝影機線路於從 4 樓拉至 2 樓的錄影影像儲存主機，容易因風的吹動使線路拉扯導致接觸不良，討論出來的改善方式為加強線路連接的地方使其固定且套上防護套防水，將外在變動的影響降到最低，以便得到更多資料來分析。

四、結論

由實驗當中證明了，有加裝兩刷的攝影機，確實有改善影像模糊度的作用，在原圖上經過分析比較得到的結果，於原圖比較下，兩台攝影機在距離目標物相同距離的前提下，有兩刷攝影機所拍攝的廣角範圍較廣，因此影像中包含的場景等外在環境因素干擾較多，使得模糊度上升。但有兩刷攝影機在截圖的情況下做比較時，分析出的模糊度較低，影像清晰程度則較為理想，影像的截圖部分為本專題的主要核心拍攝物，也就是去除背景這些外在因素影響所拍之影像，則在探討主要拍攝物體的前提之下來判斷，可以透過 T 檢定得知，於有兩刷截圖和無兩刷截圖兩者進行比較，皆能看出兩者是有顯著差異，而且皆為有兩刷之截圖較為清晰，因此有兩刷攝影機對於本專題所需拍攝的目標物來說，其最終實驗出來的效果符合當初實驗前預設的理想實驗目標。

五、致謝

本專題能夠完成，首先要感謝我們組的指導老師謝清祿教授，於實務專題的這一年多來，不斷給予學生各種無論是學術上實務上的協助，由於未學習過影像處理及統計學相關課程，老師也在這方面於課餘的時間，額外做相關知識的指導，並且於實驗當中發生狀況時，透過機會教育培養學生解決問題的能力，深刻影響學生的處世態度與臨機應變的能力，幸好有老師的指教與引導，才可以讓學生不斷進步成長，為此致上最高的敬意與感謝。

另外還要感謝實驗室中的黃駿青學長，在我們對研究一無所知的時候，帶領著我們逐步去了解，並從旁給予我們協助與指導，讓我們可以更順利的完成實務專題，感謝駿青學長對於我們的協助及幫忙，讓專題變得更加圓滿。

感謝行政院農業委員會漁業署，對本計畫的經費支助及國立東港海事水產職業學校，在試驗場地上的提供與協助。

最後感謝父母親給予許多精神上的支持與鼓勵，在艱辛困苦中還能有動力繼續往前，另外感謝協助過本專題的每一個人，因為有大家的幫忙與照顧，才会有今天如此的成就。

六、參考文獻

[1] 陳奕安，2014，以機器視覺結合自適應類神經模糊系

統應用於草莓成熟度與果柄位置之辨識 (Combine Machine Vision Systems with Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Classify the Maturity and to Locate the Stem Position of the Strawberry)，碩士論文，國立宜蘭大學生物機電工程學系碩士班，宜蘭。

[2] 壹讀。2016。圖像濾波之高斯濾波介紹。中國：cnblogs。網

址：<https://read01.com/zh-tw/OAJR55.html#.WucXE4huZPY>。上網日期：2018-04-30。

[3] 壹讀。2015。Matlab 圖像處理系列 2—空間域平滑濾波器。中國：CSDN 博客。網

址：<https://read01.com/ORyo0B.html#.WucZC4huZPY>。上網日期：2018-04-30。

[4] Kaehler, Adrian/ Bradski, Gary, 2017, *Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ With the OpenCV Library*, Oreilly & Associates Inc, Sebastopol, pp. 207-213.

[5] 董長虹、賴志國、余嘯海，2004，*Matlab 圖像處理與應用*，國防工業出版社，北京，第 161-164 頁。

[6] Alasdair McAndrew，譯者 劉震昌，2005/06，*數位影像處理*，高立圖書有限公司，台北，第 110-115 頁。

[7] 陳佑丞，2012，基於非等方向性濾波分解架構的非參考式影像模糊度評估法 (A No-Refernce Image Blur Assessment based on Anisotropic Filtering decomposition Scheme)，碩士論文，逢甲大學 通訊工程所，台中。

[8] CSDN 博客。2012。Canny 邊緣檢測基本原理。中國：CSDN 博客。網
址：https://blog.csdn.net/rocky_shared_image/article/details/7238833。上網日期：2018-04-30。

[9] 鄭芳炫、毛新惟，2008，「快速影像式自動對焦技術研究_Research On Fast Image Based Auto Focus Technique」，*國家圖書館 期刊文獻資訊網*，第三卷，第一期，第 67-76 頁。

[圖 1] Google。2018。Google 台灣地圖。台灣：Google 台灣。網
址：<https://www.google.com.tw/maps/place/%E6%9D%B1%E6%B8%AF%E6%B5%B7%E4%BA%8B/@22.4653069,120.442065,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x6fd0a6795dc5974d!8m2!3d22.4653069!4d120.442065?hl=zh-TW>。上網日期：
2018-04-30

[10] The idea is from "The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric"

Cr. Roffet F., Dolmène T., Ladret P., Nicolas M. - GRENOBLE - 2007

In SPIE proceedings - SPIE Electronic Imaging Symposium Conf Human Vision and Electronic Imaging, United States of America (2007)

[11] Anita M. Meehan & C. Bruce Warner, 譯者 陳凱爾, 2001/03, *EXCEL 在統計學上的應用*, 五南圖書出版有限公司, 台北, 第七章及第八章第 65-78 頁。

[12] 賀力行、林淑萍、蔡明春, 2001, *統計學*, 前程企業管理有限公司, 台北, 第 327-371 頁。

Comparison of Image Blur Captured by with and without Wiper.

Student Name : JIANG, KAI-EN & LAI, JIAN-HONG & MA, JIA-JING

Instructor : Dr. HSIEH, CHING-LU

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Photographic lenses are widely used in our lives in today's world. They can do long-time image collection without consuming manpower, and can monitor the characteristics of surveillance images anytime and

anywhere. The feasibility of the addition of photo lenses and the stability of the photographic system at the port, the weather changes during the beach operations and other external influences have affected the camera. First of all, the video recorded with a camera lens equipped with a wiper and a non-mounted windshield wiper will be shot separately at different times of the day. These shots will be shots of panoramic photography and test swatches. Image ambiguity analysis will be performed in MATLAB and the data obtained will be obtained. Whether the images are blurred or not, the ambiguities of the impact of weather changes on the camera are different during different periods of the day, and the ambiguities of the effects of the weather changes are also not the same. Then, the ambiguity analysis of each period accumulated from the long day is integrated, and the data is analyzed. The curve discriminates the situation where the wiper improves blurring. Compared with the original image, the wiper will have a higher ambiguity than the wiperless wiper. Compared with the screenshot, the wiper is clearer than the wiperless wiper; and the quality of the wiper without the wiper lens is discussed. As time increases and changes, it turns out that there are differences between the two shots.

評估液態培養酵母菌添加不同農業廢棄物之生長效果及 應用於咖啡發酵之研究

學生姓名:鄭兆洋 B10444026

桑渝 B10444028

吳昱漢 B10444031

指導老師：李柏旻 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

在台灣，每年產生大量的農業廢棄物對環境造成巨大影響。本研究使用咖啡渣與稻殼生物炭加入酵母菌之液態培養基並探討其生長情形。並使用酵母菌對咖啡生豆做特殊發酵，進而改進咖啡之風味。酵母菌培養於 YMB 在一定時間內，觀測總菌數(CFU)結果顯示在 0 ~ 6 小時為適應期，6 ~ 12 小時為持續生長期，12 小時過後為死亡期，故結果顯示，此酵母菌在 12 小時內為最佳生長期。本研究顯示酵母菌培養於不同溫度(24、32°C)下，以添加 4%咖啡渣之總菌數(CFU)最佳，其中 32°C 又比 24°C 更好。因此上述研究結果顯示，利用農業廢棄物培養酵母菌，可降低生長成本，且總菌數增加。利用衣索比亞西達摩咖啡生豆由酵母菌進行特殊發酵，發酵結束後，其咖啡生豆經過烘培以及沖泡，品嚐過後帶有淡淡之焦糖味，入喉回甘，後韻散發淡淡果香，層次感豐富。

關鍵字:酵母菌、生物炭、咖啡生豆、咖啡渣。

酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae*)廣泛

用於各種發酵產業之中。

生長於含糖量高、偏酸性之環境，固態培養時菌落呈現出乳白色菌落，而單一菌落為顆粒狀、凸圓狀隆起，且具有淡淡酒香；液態培養時會使得菌液呈現乳白狀，也會具有酒香，顯微鏡觀察時，菌體為卵狀、圓形，稍微呈現出綠色。現今社會中有許多使用到酵母菌的食品，例如：酒、麵包等，酵母菌很常在人類的生活出現，作為人類第一種家用微生物，酵母菌及其發酵產品大大改善和豐富了人類的生活，是目前人類直接食用量最大的一種微生物。

農業廢棄物對環境的汙染，是一個不可忽略的問題。經過農委會資料顯示，台灣地區農業廢棄物全年產生量約為 600 萬餘公噸^[1]，若能再次成為生產能源進行生產作業，將其營養成分作為生活或其他產業之用途，將為資源永續奠定下良好的基礎。

咖啡是世界第一大貿易食品之一，產量高達 500 億美元，根據 ICO 國際咖啡組織統計，2015 年全世界咖啡豆總產量約為 860 萬公噸，在龐大的產量背後，就會伴隨著大量的農業廢

一、引言

棄物產生，其中咖啡渣中含有約 10~20% 的含油量，這些咖啡油能夠一些非急性溶劑來萃取，在經過純化後即可作為生質柴油之原料，不僅如此，咖啡渣的碳氮比也高達了 56%，這對於將咖啡渣應用在微生物發酵中之碳源是相當有利之條件。

許多研究中證明微生物培養中添加生物炭會增加微生物的產量 [2]，我們將對這方面對咖啡渣與生物炭做比較分析。

因國人飲食咖啡習慣中，多數飲用的都是不酸、不苦的，從麝香咖啡中聯想，預期在利用酵母菌對咖啡進行發酵過後，能進而改變其風味。

因此，本實驗透過酵母菌培養於液態培養基添加不同農業廢棄物作為研究探討，並研究酵母菌應用於咖啡發酵時，其風味上的改變。

二、研究內容與方法

2.1 研究架構

圖 2-1 為本次實驗流程圖，透過不同養液分析、不同溫度分析、不同源分析過後添加咖啡渣與稻殼生物炭(RHBC)兩者分別以不同的比例添加至液態培養基，來探討何者最符合使用成本。

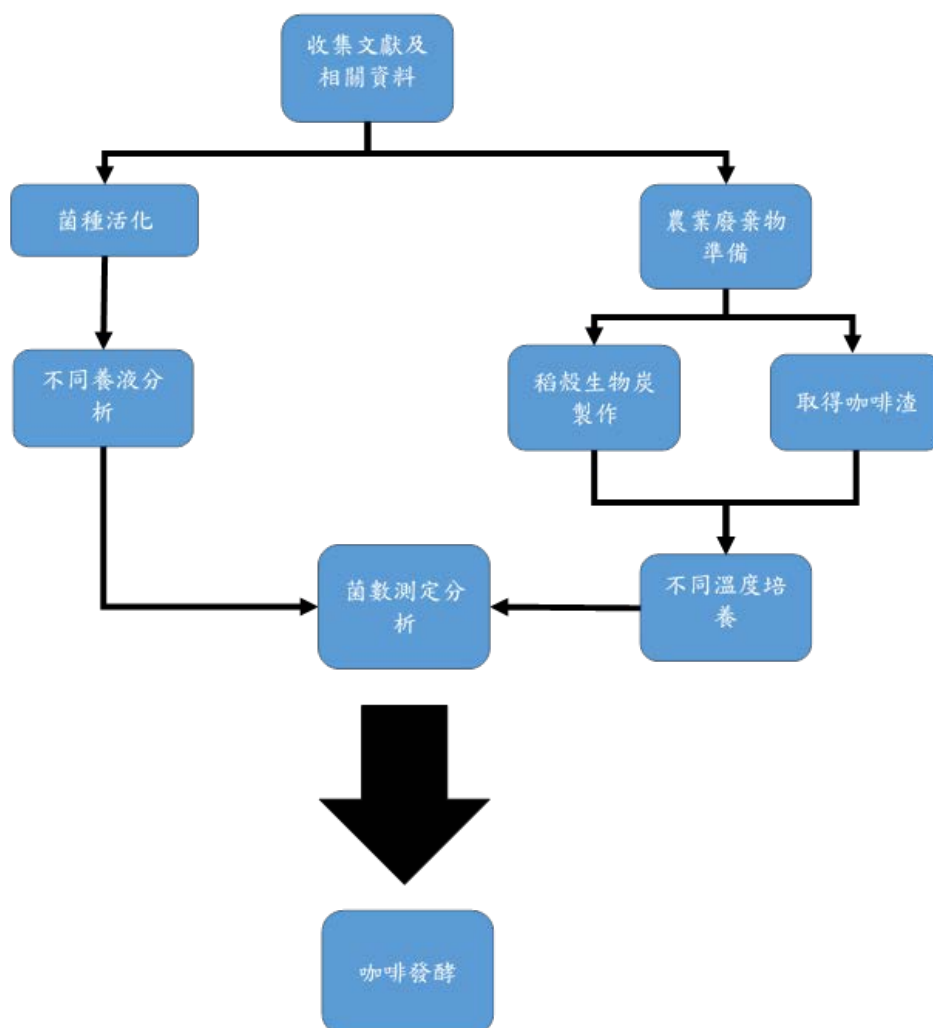


圖 2-1、酵母菌添加農業廢棄物培養與分析之實驗流程圖。

2.2 實驗材料

本次實驗主要使用咖啡渣與稻殼生物炭粉末取代/添加於酵母菌的液態培養基內，觀察酵母菌的生長狀況。

2.2.1 稻殼生物炭 (RHBC)

本實驗所用之稻殼生物炭(Rice husk biochar, RHBC)是購自苗栗縣公館鄉和順炭化工業公司^[3]，其稻殼炭化最高溫度為 550°C、持溫時間為 1 小時、粒徑大小約 0.1-1mm。將 RHBC 進行高壓滅菌，並經過粉碎機處理至粒徑約 20-25 μ m 大小的粉末狀，在本次實驗中以兩種粒徑大小加入，在實驗中未經過粉碎處理的稻殼生物炭稱作 RHBC，粉碎過後的稻殼生物炭稱 RHBC 粉末，如圖 2-2。



圖 2-2、稻殼生物炭稱 RHBC 粉末。

2.2.2 咖啡生豆與咖啡渣

本實驗所用之衣索比亞西達摩咖啡豆，未經過烘培時，稱為咖啡生豆，如圖 2-3；經過烘培後，再經咖啡機沖泡處理產生之咖啡渣，經烘箱 45°C 烘乾後，經分析篩處理過後粒徑大小約 0.289mm~0.589mm，如圖 2-4；圖 2-5 為咖啡渣組成成分^[4]。



圖 2-3、衣索比亞西達摩烘乾後之咖啡渣。



圖 2-4、衣索比亞西達摩咖啡生豆。

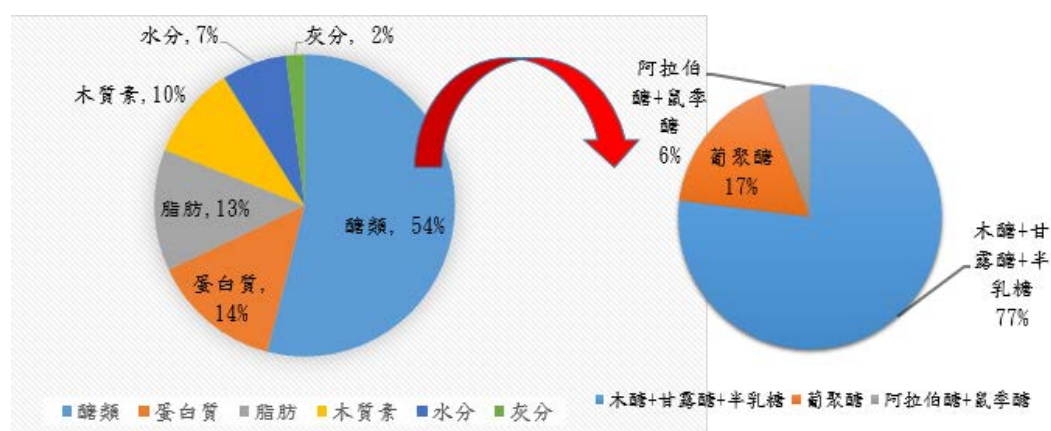


圖 2-5、咖啡渣組成成分。

2.2.3 酵母菌

圖 2-5 為本實驗所使用的酵母菌
(*Saccharomyces cerevisiae* BCRC20822)，是

購於食品工業發展研究所之生物資源保存及
研究中心的菌株，菌種以研究中心所提供的培
養基，經平板純化繼代，於32℃振盪培養箱環
境下保存。



圖 2-5、酵母菌固態培養之菌落

2.2.4 實驗藥品

本研究中所調配酵母菌培養液使用之藥品，詳細如表 2-1

表 2-1、實驗藥品與廠牌

藥品	廠牌
D-(+)-Glucose	SHOWA
Yeast extract	SCHARLAU
Malt extract	SCHARLAU
Peptone	HIMEDIA
Agar	SHOWA
Pure Black Sugar	糖品
Sugar	台糖

2.3 實驗儀器

本研究中所使用之實驗設備，詳細如表 2-2

表 2-2、實驗儀器設備

儀器與設備	廠牌	規格/型號
電子精密天秤	EIB-Italy 330	精度0.001 克
逆滲透蒸餾水製造機	FISTREEM	WS-400
電磁攪拌加熱器	CORNING	10-PC 620
高溫高壓滅菌釜	HIPOINT	25 L
恆溫震盪培養箱	HIPOINT	721 SR
無菌操作台	HIPOINT	NO-799
高速粉碎機	RONG TSONG	DM-6
烘箱	CHERNG HUEI	DO-45B
超音波洗淨器	DELTA	DC300H
分光光度計	SHIMADZU	UVmini-1240
高溫炭化裝置	奇豪電熱	CH-0010A0K20T1

2.4 實驗方法

2.4.1 酵母菌液態培養基

本次實驗之 YMB(Yeast-miner broth)固態培養基配方係根據楊(2011)^[5]所探討之酵母菌培養基配方最佳化之研究，如表 2-4 所示。

表 2-4、YMB(Yeast-miner broth)液態培養基之配方

成分	濃度
Yeast extract	3.0g
Malt extract	3.0g
D-(+)-Glucose	10.0g
Peptone	5.0g
蒸餾水	1000ml

YMB(Yeast-miner broth)液態培養基的配置方式與固態類似，一樣先以電子天平秤取藥品，並將所有藥品使用磁石攪拌加熱至完全溶解，以矽膠透氣塞將錐形瓶口塞緊，並放入高溫高壓滅菌釜，滅菌 30 分鐘(操作壓力

1.2Kg/cm²、溫度 120°C)，將無菌操作台、白金鉤、玻棒噴灑 75%酒精消毒後，打開無菌操作台送風裝置，並將紫外線滅菌燈開啟。高溫高壓滅菌釜滅菌結束後，關閉無菌操作台紫外線燈，並將錐形瓶置入無菌操作台中，待其冷卻約 3-5 分鐘；冷卻完成後，使用酒精燈將玻棒進行加熱消毒，並以玻棒將接源塗抹均勻即可。

2.5 酵母菌液態培養分析

2.5.1 分光光度計測定

將收成後的各液態培養基，先加以稀釋後，再用原本的培養基溶液當基準值歸零，利用混濁度計算法^[6]用波長 OD_{600nm}的可見光，來測量菌液的混濁度，即可求得樣品中的菌液濃度。

2.5.2 混合稀釋計數法

本方法係用以檢測 YMB 液態培養基(Yeast Malt extract Broth)中之酵母菌之總菌

數^[7]。首先須從 50ml 之液態培養液中取出 1ml 之待測液，接著加入 9ml 之無菌水至待測液中形成 10 倍稀釋。接著使用無菌吸管從待測液中取出 1μl 滴於培養皿中，接下來加入 99μl 之無菌水形成 1000 倍稀釋，接著重複上述步驟操作形成 10000 倍稀釋。稀釋完畢後使用無菌吸管從待測液取出 5μl，接著利用顯微鏡計數液中酵母菌總菌數。

2.6.1 不同培養基之配置

2.6.1.1 試驗之 YMA(Yeast-miner agar)固態培養基配置

本次實驗之培養基為行政院農業委員會苗栗區農業改良場^[8]提供，如表 2-3 所示。

表 2-3、YMA(Yeast-miner agar)固態培養基組成成分

成分	濃度
Yeast extract	3.0g
Malt extract	3.0g
D-(+)-Glucose	10.0g
Peptone	5.0g
Agar	20g
蒸餾水	1000ml

首先以電子天平秤取藥品，並將所有藥品使用磁石攪拌加熱至完全溶解，以矽膠透氣塞將錐形瓶口塞緊，並放入高溫高壓滅菌釜，滅菌 30 分鐘(操作壓力 1.2Kg/cm²、溫度 120°C)，將無菌操作台、白金鉤、玻棒噴灑 75%酒精消毒後，打開無菌操作台送風裝置，並將紫外線滅菌燈開啟。高溫高壓滅菌釜滅菌結束後，關閉無菌操作台紫外線燈，並將錐形瓶置入無菌操作台中，待其冷卻約 3-5 分鐘；冷卻完成後，使用酒精燈將玻棒進行加熱消毒，並以玻棒將接源塗抹均勻即可。

2.6.1.2 試驗之 MPD(Yeast petone dextrose)液態培養基配置

本次實驗之 MPD(Malt petone dextrose)液態培養基配方係根據郝等人(2014)^[9]所探討之富硒猕猴桃果酒酵母的篩選及鑑定，如表 2-6 所示。

表 2-6、MPD(Malt petone dextrose)液態培養基之配方

成分	濃度
Yeast extract	10g
Peptone	20g
D-(+)-Glucose	20g
蒸餾水	1000 ml

MPD(Malt petone dextrose)液態培養基的配置方式與 YMB 固態培養基類似，一樣先以電子天平秤取藥品，並將所有藥品使用磁石攪拌加熱至完全溶解，以矽膠透氣塞將錐形瓶口塞緊，並放入高溫高壓滅菌釜，滅菌 30 分鐘(操作壓力 1.2Kg/cm²、溫度 120°C)，將無菌操作台、白金鉤、玻棒噴灑 75%酒精消毒後，打開無菌操作台送風裝置，並將紫外線滅菌燈開啟。高溫高壓滅菌釜滅菌結束後，關閉無菌操作台紫外線燈，並將錐形瓶置入無菌操作台中，待其冷卻約 3-5 分鐘；冷卻完成後，使用酒精燈將玻棒進行加熱消毒，並以玻棒將接源塗抹均勻即可。

2.6.1.3 試驗之 PDB(Potato dextrose broth)液態培養基調製

其組成成分是由食品工業發展研究所之生物資源保存及研究中心提供，如表 2-5 所示。

表 2-5、PDB(Potato dextrose broth)液態培養基之配方

成分	濃度
Potato	200 g
D-(+)-Glucose	10 g
蒸餾水	1000 ml

PDB(Potato dextrose broth)液態培養基的配置方式與YMB(Yeast-miner broth)固態培養基類似，一樣先以電子天平秤取藥品，並將所有藥品使用磁石攪拌加熱至完全溶解，以矽膠透氣塞將錐形瓶口塞緊，並放入高溫高壓滅菌釜，滅菌 30 分鐘(操作壓力 1.2Kg/cm²、溫度 120℃)，將無菌操作台、白金鉤、玻棒噴灑 75%酒精消毒後，打開無菌操作台送風裝置，並將紫外線滅菌燈開啟。高溫高壓滅菌釜滅菌結束後，關閉無菌操作台紫外線燈，並將錐形瓶置入無菌操作台中，待其冷卻約 3-5 分鐘；冷卻完成後，使用酒精燈將玻棒進行加熱消毒，並以玻棒將接源塗抹均勻即可。

2.7 應用酵母菌於咖啡生豆

首先先以電子天平秤取咖啡生豆 35g，並分裝加入 80ml 蒸餾水中，以矽膠透氣塞將錐形瓶口塞緊，並放入並放入高溫高壓滅菌釜，滅菌 30 分鐘(操作壓力 1.2Kg/cm²、溫度 120℃)，將無菌操作台、白金鉤、玻棒噴灑 75%酒精消毒後，打開無菌操作台送風裝置，並將紫外

線滅菌燈開啟。高溫高壓滅菌釜滅菌結束後，關閉無菌操作台紫外線燈，並將錐形瓶置入無菌操作台中，待其冷卻約 3-5 分鐘；冷卻完成後，將酵母菌加入中，再放入恆溫震盪培養箱(操作溫度 32℃、轉速 100rpm)，培養 6、12、24 小時，取出風乾後，烘培以及沖泡品嚐其風味。

三、結果與討論

3.1 液態培養酵母菌

3.1.1 酵母菌培養於 YMB 之生長曲線圖

酵母菌培養於 YMB 不同時間下，觀測菌種濃度結果顯示在 0~6 小時為適應期，6~12 小時為持續生長期，12 小時過後為死亡期，另檢測 Abs 結果顯示在 0~9 小時為持續生長期，9~12 小時為平緩期，12 小時過後為死亡期，故根據結果顯示，酵母菌在 12 小時過後會逐漸死亡(圖 3-1)。

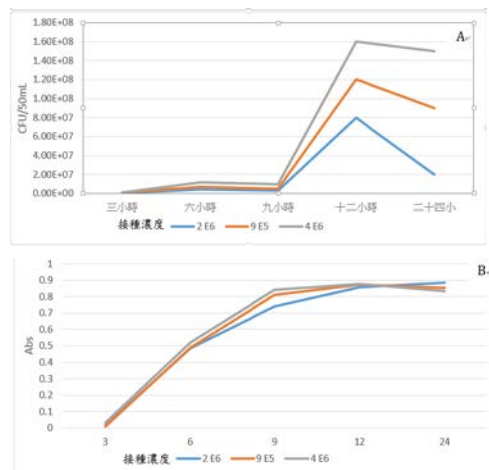


圖 3-1、酵母菌培養於 YMB 雙生長曲線圖(A)菌種濃度，(B) OD₆₀₀

3.1.2 酵母菌培養於 YMB 添加不同農業廢棄物及溫度之生長情形

酵母菌培養於不同溫度(24、32°C)時，添加不同農業廢棄物之生長效果，以 4%咖啡渣之 CFU 最高，經 Tukey 檢定法進行統計分析(p=0.05)，跟其他處理組相比有顯著差異，其

CFU 值高於 CK 組 100 倍(表 3-1)。

酵母菌培養於不同農業廢棄物，其中 4%咖啡渣之 CFU 與 Abs 在 32°C培養條件下最高，而 4%生物炭之 CFU 則在 24°C培養條件下較高，Abs 則在 32°C培養條件下較高，推測原因可能是生物炭濃度過高，影響到吸光值的測定結果(表 3-1)。

表 3-1、酵母菌培養於 YMB 添加不同農業廢棄物及溫度之生長情形

不同添加物	菌種濃度($CFU/50ml$)		吸光值(Abs)	
	24°C	32°C	24°C	32°C
CK	2.6 E5 Ba*	4.3 E5 Ba	0.6 Da	0.5 Da
1%咖啡渣	1.7 E6 Ba	2.7 E6 Ba	1.0 Bb	0.9 Ba
4%咖啡渣	3.0 E7 Ab	5.7 E7 Aa	1.2 Ab	1.5 Aa
1%生物炭	8.3 E4 Ba	1.2 E5 Ba	0.8 Ca	0.7 Cb
4%生物炭	3.7 E3 Ba	3.7 E6 Bb	0.8 Cb	1.0 Ca

*:縱軸大寫字母以 Tukey 檢定法，進行統計分析 p=0.05。

橫軸小寫字母以 T-test 進行統計分析，p=0.05。

3.1.3 酵母菌培養於不同培養基之生長情形

酵母菌培養於 PDB、YMB 與 MPD 培養液，以 YMB 培養液之 CFU 值最高(3×10^6)，經 Tukey 檢定法進行統計分析其結果顯示，與 PDB、MPD 比較具有顯著性差異，CFU 值分別為 1×10^6 、 2×10^5 ；經分光光度計於 OD₆₀₀ 條件下，檢測不同培養液之 Abs 值，以 YMB 培養液最高 0.8，經 Tukey 檢定法進行統計分析其結果顯示，與 PDB、MPD 比較具有顯著性差異，Abs 值分別為 0.3、0.5 (圖 3-2)。

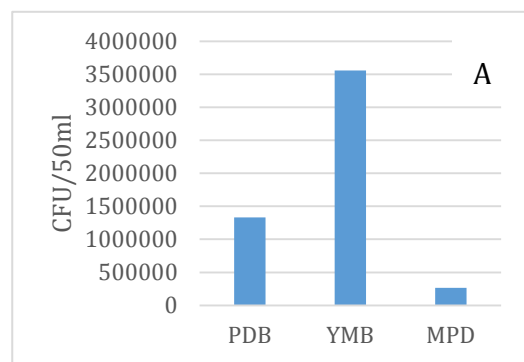
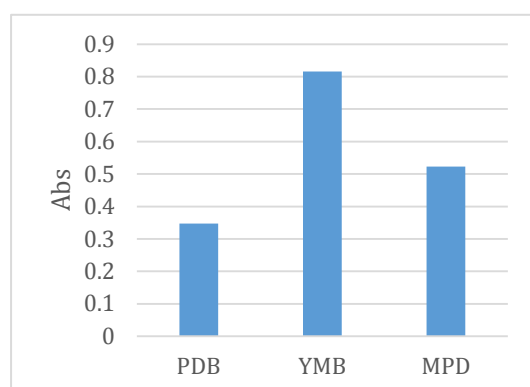


圖 3-2、酵母菌培養於不同培養基之生長情形 (A)菌種濃度，(B)OD₆₀₀。



3.1.4 酵母菌培養於 PDB 添加不同咖啡渣之生長情形

酵母菌培養於 PDB 培養液，以 CK(原液)、4%、7%、10% 之不同咖啡渣濃度作為比較，4% 咖啡渣培養液之 CFU 值最高(1×10^6)，經 Tukey 檢定法進行統計分析其結果顯示，與 CK(原液)、7%、10% 比較有明顯差異，CFU 值分別為 4×10^5 、 7×10^5 、 6.7×10^5 ，推測加入超過 4% 咖啡渣，可能會抑制酵母菌生長，而加入超過 7% 咖啡渣，酵母菌生長則達到定值(圖 3-3)。

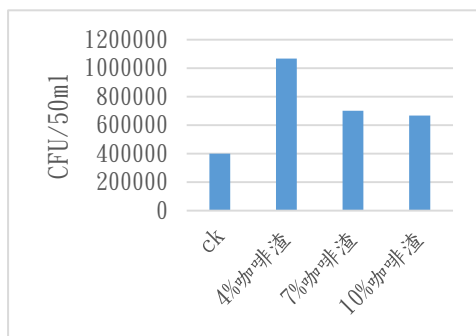


圖 3-3、酵母菌培養於 PDB 添加不同咖啡渣之生長情形。

3.2 咖啡生豆發酵之應用

3.2.1 咖啡生豆發酵於蒸餾水添加酵母菌之生長曲線圖

將咖啡生豆加入蒸餾水並添加酵母菌進行發酵，發酵 24 小時，發現酵母菌之總菌數於 6~12 小時呈現增加，12~24 小時則呈現減少，於 12 小時酵母菌總菌數為最高。推測酵母菌之生長週期不會受到咖啡生豆之影響。

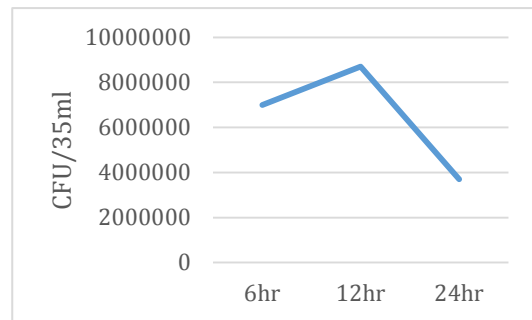


圖 3-4、咖啡生豆發酵於蒸餾水添加酵母菌之生長曲線

3.2.2 咖啡烘培

將發酵完咖啡豆進行烘豆，並以晾乾後大約 35g 作為烘豆基準值，再以 6hr、12hr、24hr 發酵時間作為比較，每分鐘記一次溫度，並控制咖啡烘培溫度以及下豆時間，其結果顯示 6hr、12hr、24hr 烘豆完的公克數無明顯差異，推測當溫度以及下豆時間一樣時，咖啡豆的含水率並不會受到發酵時間影響。

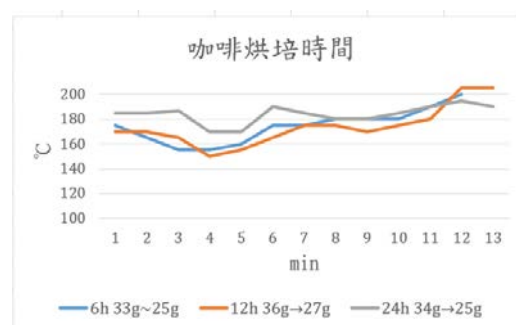


圖 3-5、咖啡烘培曲線圖

3.2.3 咖啡品嚐

將烘豆完的咖啡豆放入咖啡機沖泡，以原本的咖啡生豆作為比較，兩者品嚐過後，發現發酵完的咖啡豆沒有苦澀味，且帶有淡淡之焦糖味，入喉回甘，後韻散發淡淡果香，層次感豐富，根據文獻指出菌株發酵會破壞其蛋白質，並產生更多胺基酸，降低咖啡的苦澀味^[10]。

四、結論

根據實驗結果顯示，酵母菌於 YMB 培養下之生長曲線，9 至 12 小時為生長對數期，12 小時過後為死亡期，往後實驗皆訂於 12 小時作為一培養周期。

酵母菌培養於 YMB 添加不同農業廢棄物及溫度之生長情形實驗，經過統計分析之後發現在 32°C 下的酵母菌，生長情形皆優於 24°C，添加 4% 咖啡渣不論在 24°C 或是 32°C 條件下，都使得酵母菌有良好的生長情況，則在 32°C 之下又更加優異。生物炭效益則沒有咖啡渣來的優異，添加 4% 生物炭反而是在 24°C 下有不錯的生長情形。

酵母菌培養於 PDB、YMB 與 MPD 培養液，經過 Tukey 統計分析顯示 YMB 為最佳 PDB 與 MPD 則為次等，但因為 YMB 培養液成本高，因此後續實驗改為使用 PDB 培養液。

咖啡生豆發酵於蒸餾水添加酵母菌，在發酵過程中，酵母菌於 12 小時之生長情形達到最好。酵母菌之生長週期並不會受咖啡生豆之影響，並再咖啡烘培時，控制其咖啡烘培溫度以及下豆時間，降低因烘豆變因的不同，影響其咖啡風味，再品嚐過後發現咖啡沒有苦澀味，並帶有淡淡之焦糖味，入喉回甘，後韻散發淡淡果香，層次感豐富。

五、致謝

專題論文，在短短的大學四年之中，是一個重大的篇章，在一年級近來大學的時候就一直想要學一些有關生物的知識，所以才選擇了李柏旻老師的實驗室，在做專題這短短的一年之中，真的學到了很多。

感謝我們老師，李柏旻老師雖然在這學期比較忙碌，但還是在與我們討論的時候給了我們重要的意見，讓我們能夠順利的完成我們的專題。

- 【5】 fermentation .*Appl Biochem Biotechnol* 2016, 180(4),753-765.

感謝在我們剛進來什麼都不會的時候教導我們的研究生學長，王毛、如群，真的很感謝他們犧牲自己的個人時間留下來教我們了解實驗室的器材，幫助我們一起想實驗，還教導我們報告跟整理資料的方法還有技巧。

感謝劉坤城學長、瑋翔學長、凱宥學長，他們在我們實驗上真的花費了很多心力，給了我們很多意見，幫我們查資料出點子，陪我們一起在實驗室做實驗，還有指導我們做論文跟整理數據的方法，還教了我們烘咖啡的技巧。

最後感謝我們給力的組員，大家都很好配合，做實驗也不會互相推託真的很棒，沒有你們真的沒辦法完成這篇論文，謝謝你們。

六、參考文獻

- 【1】 行政院農業委員會。2001。農業廢棄物共同清除處理機構管理輔導辦法簡介。台北：行政院農業委員會。網址：<https://www.coa.gov.tw/>。上網日期：2018/05/13。
- 【2】 E. C. Hammer, Z. Balogh-Brunstad, I. Jakobsen, P. A. Olsson, S. L. S. Stipp, and M. C. Rillig, Oct 2014, "A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces," *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 77, pp. 252-260.
- 【3】 王辰瑋，2017，「應用生物炭於雲芝菌絲體培養之研究」，碩士論文，國立台灣屏東科技大學，屏東。
- 【4】 Wang,H.D. ; Cheng,Y.S ; Huang,C.W , Optimization of high solids dilute acid hydrolysis of spent coffee ground at mild temperature for enzymatic saccharification and microbial oil
- 【6】 楊佳穎，2011，「酵母菌培養基配方最佳化之研究」，碩士論文，南台科技

大學工業管理研究所，台南，第 31 頁。

- 【7】 王穎，何寧，李清彪，等．釀酒酵母 s · cerem／ae 高密度 培養條件優化研究[J]．工業微生物，2007，37(1)：34—38．
- 【8】 疾病管制署。2013。水中總菌落數檢測方法。網址：
<https://webcache.googleusercontent.com/>。上網日期：2018/05/13。
- 【9】 行政院農業委員會苗栗區農業改良場。1995。酵母菌斜面培養基製與移植方法。苗栗：行政院農業委員會苗栗區農業改良場。網址：<https://www.mdais.gov.tw/>。上網日期：2018/05/13。
- 【10】 郝瑤，王陶，李文，袁航。富硒猕猴桃 果酒酵母的篩選及鑑定[J]。YPD(Yeast petone dextrose)液態培養基配方,2014, (1):3.
- 【11】 皇家小農咖啡。2018。特殊發酵密咖啡。網址：
<http://www.ibean.com.tw>。上網日期：2018/05/22。

Use Different Agricultural Wastes in Liquid
Cultivation of Yeast and Study the Application in
Coffee Fermentation

Name of student:

Cheng, Chao Yang B10444026

Sang Yu B10444028

Wu Yu Han B10444031

National Pingtung University of Science and
Technology
Department of Biomechatronic Engineering

Abstract

In Taiwan, the large amount of agricultural waste induced has a huge impact for our environment each year. In this study, coffee slag and rice husk biochar were added to the liquid cultivation medium of the yeast and excavated the growth conditions. And use yeast to ferment coffee beans to improve the flavor of coffee.

With a certain period of time, *Saccharomyces cerevisiae* (SC) was cultured in Yeast-miner broth, and results of colony-forming unit (CFU) showed an adaptation period of 0 to 6 hours, a continuous growth period of 6 to 12 hours, and a death period after 12 hours. We found the best growth period of SC is within 12 hours. The 4% coffee slag added showed increasing CFU significantly both in 24 and 32°C but the CFU and absorbance (Abs) of 4% coffee slag had the best performance under the cultivation conditions of 32°C. Therefore, the above results show that the use of agricultural waste to cultivate *Saccharomyces cerevisiae* can reduce the cost and see increased colony-forming unit. After roasted Ethiopian Sidamo coffee beans for special fermentation by the cultivated *Saccharomyces cerevisiae*, we feel a faint caramel taste, it enters the throat, returns to sweet, and the rhyme emits light fruit afterwards. Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, biochar, coffee beans, coffee grounds.

微光譜檢測系統應用於己二烯酸分析

學生姓名:葉俊佑、連秉軒、莊明諺

指導教授: 傅龍明 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

隨著人類對於生活品質的要求與提升，大家對於健康也是越來越重視，但近年來食安問題屢見不鮮，大多又以食品添加物為大部分，使大家不得不重視食品安全，消費者並不在重視價錢的高低，而是更重視食品中的內容物和添加物。

本研究使用微型光譜系統裝置應用於己二烯酸之檢測，並將該實驗室晶片 (Lab-on-a-chip, LOC) 與點照護 (Point-of-care, POC) 的概念結合於食品檢測中，發展出適用於簡單操作、添加樣品量少、成本低、分析速度快的快速檢測設備與診斷系統，並結合微流體混合晶片可在系統裝置上進行混合、加熱、冷卻以及偵測等等的功能。該方法能有效運用於己二烯酸檢測。實驗結果顯示，使用所提出的微型光譜系統裝置以 530 nm 波長來檢測 100 ppm~500 ppm 己二烯酸濃度具有極佳的線性度 R^2 高達 0.998 以上，可以證明該方法具有高度的可行性與準確性。

一、前言

市面上食物的製造幾乎都有添加化學藥劑在防腐、殺菌、抗氧化、漂白、保色、著色、調味、膨脹..等用途。因此，有效的監控食品添加物中的不得添加與合法添加的添加量是捍衛國人健康的必須手段。隨著現代人們對生活品質的提升要求，人們越來越重視身體健康。但近年來食品安全問題層出不窮，其中又

以食品添加劑為主要，台灣衛生福利部食品藥物管理署(簡稱:食藥署)在 2015 年冬至產品抽驗中芋圓裡己二烯酸超標、2016 年中秋節抽驗中月餅裡己二烯酸超標、2017 年散裝飲冰品抽驗中愛玉裡己二烯酸超標...等等[1-3]。使消費者不得不重視這個深埋已久的食安炸彈。

1.1 食品防腐劑

食品防腐劑是防止微生物毒素、黴菌及酵素的作用，避免這些因子的化學變化造成食品腐敗變質。防腐劑是可延長食品保存期的一種食品添加劑，主要有預防食物中毒的好處，也避免造成消費者的危害以及解決食品保存不易而造成經濟的損失。防腐劑[4]可分為無機和有機防腐劑兩大類。無機防腐劑有亞硫酸鹽、偏亞硫酸鹽、二氧化硫、硝酸鹽、亞硝酸鹽、甲醛...等。一般而言，無機防腐劑毒性強，一般國家都禁止在新鮮蔬果使用無機防腐劑。有機防腐劑有苯甲酸及其鹽類、己二烯酸及其鹽類、去水醋酸鈉等，因毒性較無機防腐劑低，目前廣泛被使用在食品添加物中。目前政府規定己二烯酸/鹽類使用範圍及限量[5]，如下：

- (1) 魚肉煉製品、肉製品、海膽、魚子醬、花生醬、醬菜類、水分含量 25 % 以上之蘿蔔乾、醃漬蔬菜、豆皮豆乾類及乾酪為 2.0 g/kg(2000ppm) 以下。
- (2) 醬油、味噌、烏魚子、魚貝類乾製品、海藻醬類、豆腐乳、糖漬果實類、脫水水果、糕餅、果醬、果汁及其他調味醬為 1.0 g/kg(1000ppm) 以下。

(3)使用於不含碳酸飲料、碳酸飲料為 0.5 g/kg(500ppm) 以下。

1.2 己二烯酸(Sorbic acid)

己二烯酸(山梨酸)為無色針狀結晶體粉末，無臭或微帶刺激性臭味，難溶於水，易溶於乙醇、乙醚、丙二醇、無水乙醇、花生油、甘油和丙酮。己二烯酸與己二烯酸鹽類其結構如圖 1。可用於防止黴菌生長在食品產品中，常用在水果汁，和水果糖漿、醬菜...等。早期也有用在保護黃油、奶酪和奶酪製品避免受到黴菌腐敗變質。1950 年代實驗表示，己二烯酸的毒性是非常的低，甚至低於苯甲酸[6]，而有研究表示即使含量高達飲食的 10%，對哺乳動物的毒性非常低，並且不致癌，並經過脂肪酸迅速代謝[7]。沒有任何證據顯示己二烯酸或其鹽類具有遺傳毒性，但在大鼠實驗中證實高劑量有生殖毒性，因此每日允許攝取量(Acceptable Daily Intake, ADI)必須被限定。因此，歐洲食品安全局 (European Food Safety Authority, EFSA) 修改己二烯酸及其鉀鹽 ADI 從 25mg sorbic acid/kg bw/day 為 3mg sorbic acid/kg bw/day[8]。

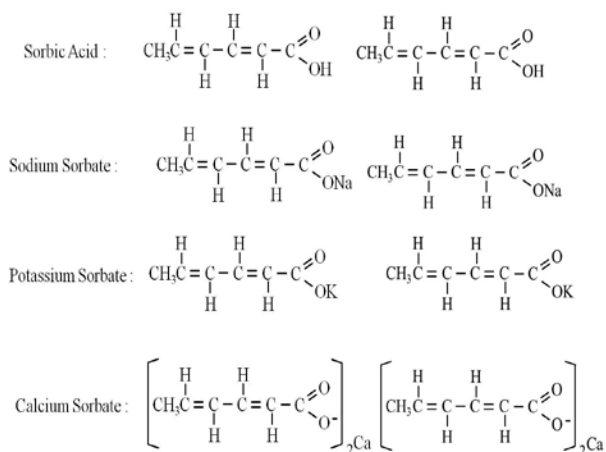


圖 1 己二烯酸與己二烯酸鹽類結構

1.3 分光光度法

分析化學學會 (Association of Official Agricultural Chemists, AOAC) 於 1980 年公布一種方法將水蒸氣蒸餾收集後己二烯酸，並氧化後與硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid)反應，並偵測 532nm 吸光度

[9-11]。蒸餾-分光光度法也可以偵測 235-280nm 吸光度來測定己二烯酸[12]。二階導數光譜法也可以用來偵測己二烯酸濃度[13]。利用己二烯酰基輔酶 A (sorbyl coenzyme A, sorbyl CoA)-分光光度法也可於偵測 300nm 吸光度判定己二烯酸濃度[14]。高效能液相層析法是現行檢測方法主流[15-17]。

1.4 微流體晶片

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

他們已經發現廣泛使用在整個生物醫藥，食品加工，化工等行業。微流體設備為不同功能的結構所組成，並因此很容易地集成，以形成複雜的 micro-total-analysis-systems (μ-TAS)。μ-TAS 具有許多功能，包括樣品注射，樣品前處理(pretreatment)，混合(mixing)，分選(sorting)，計數(counting)，反應(reaction)，分離(separation)在單一的檢測晶片上[18]。以呈色劑檢測化學濃度為例，所有流程包括樣品注射、混合、化學反應與吸光度檢測[19]。但是，如果可以將上述流程整合於單一晶片，化學濃度檢測晶片就可以更輕薄短小。將 Lab-on-a-chip 與 point-of-care (POC) 理念相結合，將可以產生適合於便簡單方便並容易攜帶的診斷系統和現場檢測設備。

1.5 CO₂ 雷射用於 PMMA 加工

PMMA是一種透明材料，一般作為玻璃的替代品。是一種硬且具有剛性的透明熱塑性材料，有良好的室外耐候性，比玻璃更耐衝擊，及良好的抗拉和抗彎強度。耐衝擊性是玻璃的10倍。PMMA是常見的熱塑性材料表面硬度最高。常用於擋風玻璃和船隻，天窗，外部照明，安全罩，防護眼罩等。

CO₂ 雷射在雷射加工中是屬於光熱反應。光能撞擊表面原子，將能量傳送到原子。當接受能量後的原

子本身電子產生瞬間熱震動的能量超過原子間鍵能時，則會形成斷鍵。如 PMMA 會斷鍵成 MMA。斷鍵分子的體積快速膨脹，由固態瞬間轉換成氣態，變成粉狀物脫離材料表面。當雷射光波長範圍為紅外光時，由於屬於長波長的紅外光，光子能量則相對的較低，當吸收光子能量後的材料表面分子，將光能轉換為原子動能。由於 CO₂ 雷射光子無法快速形成斷鍵，而釋放出熱能，因為能量有限，且雷射光斑能量成高斯分佈，而導致材料溫度的梯度存在。在雷射加工的區域中會因溫度的快速上升至熔點溫度而使其氣化，進而達到雷射雕刻的效果。

二、研究內容與方法

利用 PMMA 晶片檢測己二烯酸，並以分光光度法作為對照組，來確認 PMMA 晶片的可行性與精準度。以下圖 2 為本實驗的架構流程圖，主要分為分光光度法與 PMMA 晶片檢測法。

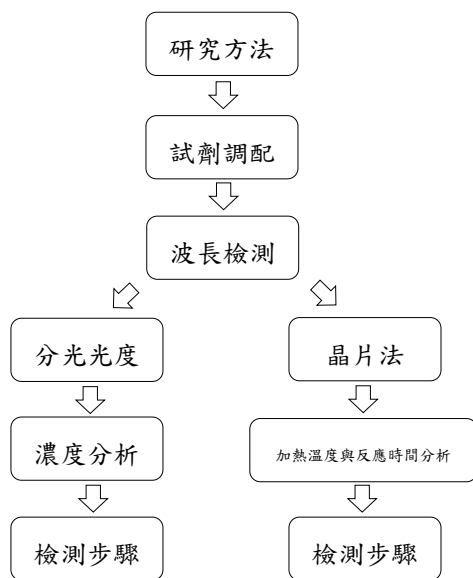


圖 2 研究架構及方法流程圖

2.1 試劑調配

選用分光光度劑的檢測方法需要三種反應試劑分別為檸檬酸(Citric acid)、硫代巴比妥酸(TBA)、Iron(III)，另外還需配置標準溶液:己二烯酸鉀(Potassium Sorbate)

10000ppm 母液。

(1)檸檬酸:配置 1~5%的檸檬酸水溶液(1%檸檬酸配置:取 1g 無水檸檬酸，以少許的去離子水(DI)溶解，定量至 100ml)。

(2)TBA 試劑: 配置 0.05~0.25% 的 TBA 試劑

(0.25%TBA 試劑配置:取 1.25g TBA 加入 20ml 0.5M 氫氧化鈉(NaOH) 和 2ml 1M 鹽酸(HCl)，以少許 DI water 溶解，定量至 100ml)。

(3)Iron(III): 配置 0.025~0.1M 的 Iron(III) (0.1M Iron(III)

配置:取 2.5g 硫酸亞鐵($\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)加入 30ml 1M 的硫酸溶解，定量至 50ml)。

(4)己二烯酸鉀(10000ppm):取 1g 己二烯酸鉀以 DI water 溶解，定量至 100ml。

依實驗要求分別以母液稀釋至所需濃度 100、200、300、400、500 ppm，(1000ppm 己二烯酸鉀配置:取 1ml 10000ppm 己二烯酸鉀母液，以 DI water 定量至 100ml)。

2.2 波長檢測

將己二烯酸鉀標準液(Potassium Sorbate)與反應試劑(檸檬酸(Citric acid)、TBA、Iron(III))進行反應，並加熱 10 分鐘後將其冷卻，再使用光譜儀檢測全波長分析，由圖 3 得知波長在 530 nm 時有最大吸光值，因此選定波長 530 nm 作為本實驗檢測波長。

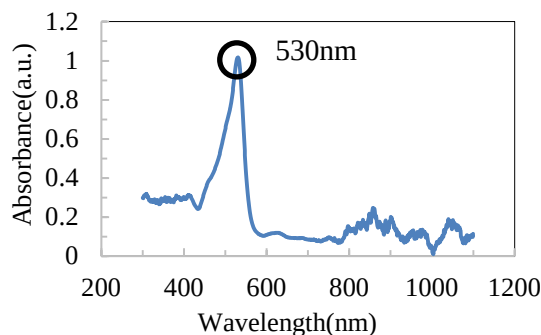


圖 3 全波長

2.3 分光光度法



圖 4 (a)分光光度計機型 V-730 (b)比色槽

2.3.1 濃度分析

固定試劑體積比(己二烯酸鉀 1ml:檸檬酸 1ml: TBA 1ml:Iron(III) 0.2ml)，改變單一試劑濃度，了解該試劑對分光光度計的檢測差異，並選擇其最佳檢測條件[9]。

固定單一試劑參數為下列：

- (1)檸檬酸: 1%、2%、3%、4%、5%。
- (2) TBA:0.05%、0.1%、0.15%、0.2%、0.25%
- (3) Iron(III):0.025%、0.05%、0.1%

2.3.2 檢測步驟

- (1)依照 2.3.1 所得結果，選定其三種最佳條件濃度作為以下實驗條件。
- (2)取 DI water，並使用微量吸管吸取 1000 μ l 注入比色槽中並置入分光光譜儀，以 530nm 的波長將其校正歸零。
- (3)依比例 1000 μ l TBA、1000 μ l 檸檬酸、200 μ l Iron(III) 及 1000 μ l 己二烯酸加入試管。
- (4)放置熱盤上以 100 度隔水加熱 10 分鐘後將其冷卻。
- (5)用微量吸管吸取 1000 μ l 冷卻液，將其注入比色槽中，以分光光譜儀來檢測其吸光值變化。

2.4 微流體混合晶片及系統裝置

本研究所使用檢測系統裝置為圖 5 微型光譜檢測系統，該系統整合光譜儀與微流體混和晶片所建立之整合性系統平台，減少檢測成本，加快分析時間，該

系統平台具有數位面板，可精準控制，加熱、冷卻及電壓等等功能，有效增加其便利性。

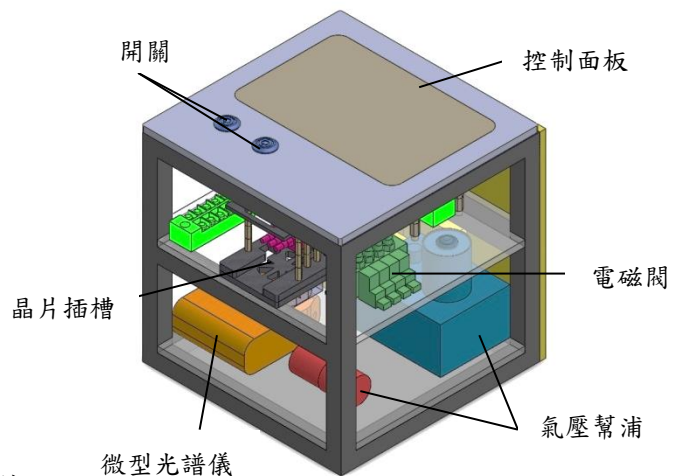


圖 5 儀器系統透視圖

2.4.1 微流體混合晶片

該混合晶片利用 4 層 PMMA 製作而成分別有 3 個試劑槽、1 個樣品槽(混合區)、檢測區以及檢測緩衝區。

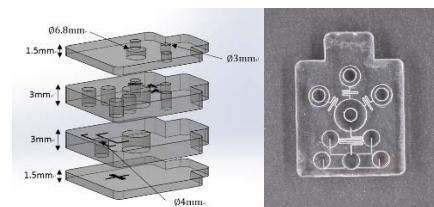


圖 6 (a)混和晶片爆炸圖 (b)實體圖

2.4.2 微型光譜系統裝置

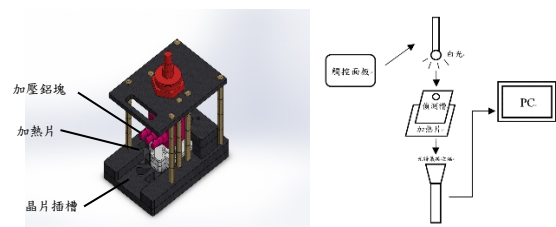


圖 7 (a)光譜系統平台 (b)檢測示意圖

2.4.3 加熱溫度與反應時間分析

依照 2.3.1 所得分光光度計實驗中試劑的最佳濃度及比例做為實驗條件，在微流體晶片檢測中所使用

30 μ l 0.25% TBA、30 μ l 1%檸檬酸、30 μ l 0.02M Iron(III) 及 30 μ l 己二烯酸，進行分析混合晶片對於加熱溫度之影響以及該晶片對於反應時間之影響，並選定本研究所需要的加熱溫度與反應時間作為後續實驗之用。

分析混合晶片對於加熱溫度與反應時間參數為下列：

- (1) 溫度: 80 $^{\circ}$ C、90 $^{\circ}$ C、100 $^{\circ}$ C。
- (2) 時間: 持續加熱至 20 分鐘、加熱至 12 分鐘後冷卻。

2.4.4 檢測步驟

- (1) 依照 2.4.3 所得結果，選定最佳加熱溫度及時間作為以下實驗條件。
- (2) 將機台與電腦連接開啟 Rainbow light，在觸控面板上設定溫度 90 度。
- (2) 取一片混和晶片加入 120 μ l DI 水進行歸零校正。
- (3) 取新混合晶片在各試劑槽分別滴入 30 μ l 的三種試劑與樣品槽低入 30 μ l 樣品後，置入儀器並啟動開關進行檢測。
- (4) 每 30 秒進行推入混合，重複動作至 12 分鐘後停止加熱，並開啟冷卻系統進行冷卻。
- (5) 以微型光譜儀檢測之結果，並記錄波長在 530 nm 時 12~15 分鐘之吸光值。

三、結果與討論

由圖 8 結果可以得知添加 0.5 ml~2 ml 的己二烯酸對於 530 nm 的吸光值的影響，其中 2 ml 的己二烯酸的吸光值具有較高的靈敏度，但在實驗過程中發現冷卻後會有沉澱物析出，為了不影響實驗數據，因此最後選定 1 ml 的己二烯酸作為添加比例最佳條件。

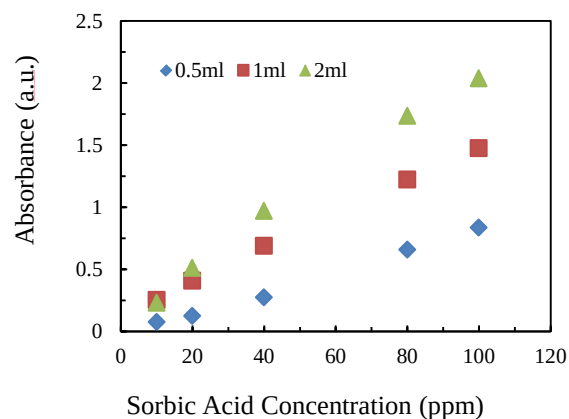


圖 8 己二烯酸比例對於吸光值的影響

由圖 9 結果可以得知 1~5%檸檬酸對於吸光值的影響，其中可以發現 1%的檸檬酸對波長 530 nm 的吸光值具有較高的斜率，靈敏度相對較高，所以選用 1%檸檬酸做為最佳濃度條件。

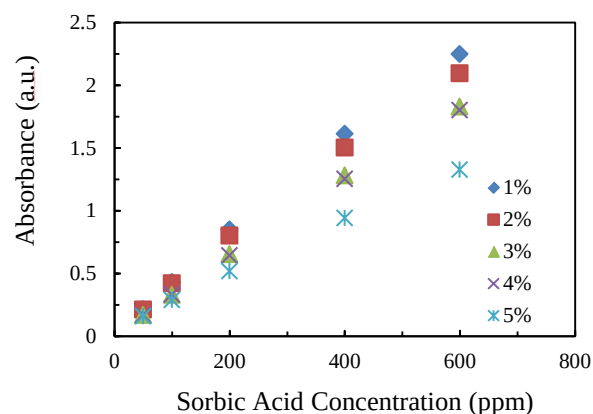


圖 9 1~5%檸檬酸對於吸光值的影響

經由圖 10 結論，我們固定用 1%檸檬酸來測試 TBA 濃度對於吸光值的影響，由圖 3-3 結果可以得知 0.05~0.25% TBA 對於吸光值的影響，其中可以發現 0.25%的 TBA 對波長 530 nm 的吸光值具有較高的靈敏度，所以選用 0.25%的 TBA 作為最佳分析條件。

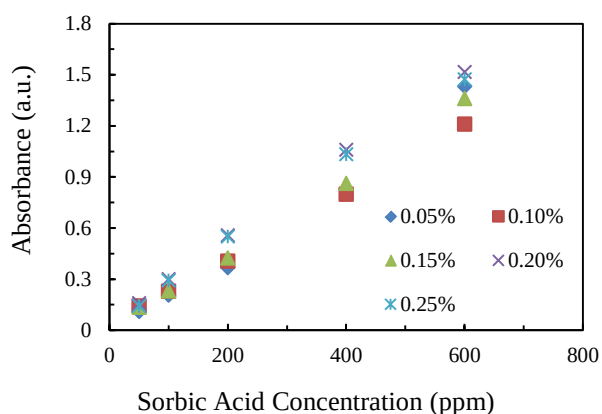


圖 10 0.05~0.25% TBA 對於吸光值的影響

經由圖 9 及圖 10 結論，我們固定用 1%檸檬酸及 0.25%TBA 來測試 Iron(III)濃度對於吸光值的影響，由圖 11 結果可以得知 0.025M Iron(III)在己二烯酸濃度超過 400ppm 後其吸光值上升有趨緩的趨勢，0.05M Iron(III)在己二烯酸濃度超過 400ppm 後其吸光值也有降低的趨勢，其線性度不佳，而 0.1M Iron(III)的吸光值其線性達到 $R^2 = 0.9991$ ，所以選用 0.1M Iron(III)作為最佳濃度分析條件。

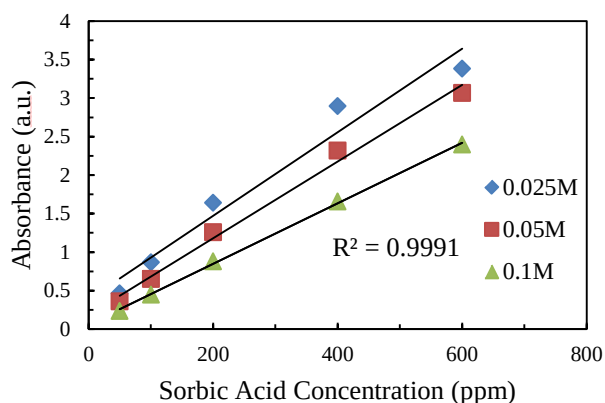


圖 11 0.025~0.1M Iron(III)對於吸光值的影響

由圖 12 結果可以得知在溫度 80~100℃時連續觀測 20 分鐘有明顯差異，持續加熱 80℃時反應時間大約要在 15~20 分鐘，其吸光值才會達到穩定，而持續加熱 90℃時 12 分鐘左右吸光值趨於穩定，持續加熱 100℃時大約 10 分鐘左右吸光值趨於穩定，但由於

PMMA 材質的 Tg 點為 105℃，該加熱溫度已接近 Tg 點，若持續加熱超過 10 分鐘後，結構開始改變並影響偵測結果，因此選用穩定度佳及時間較快速的參數 90℃來作為持續加熱的最佳條件溫度。

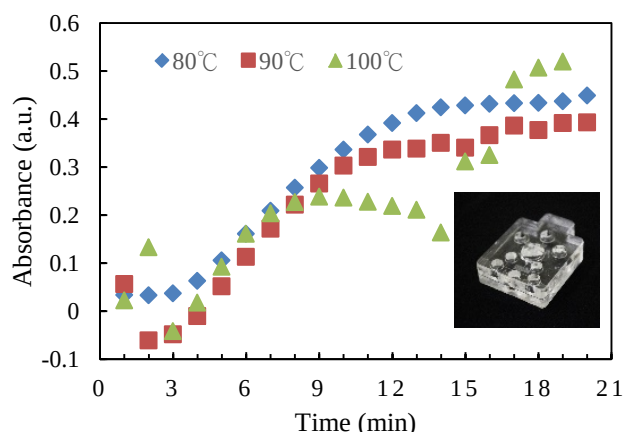


圖 12 溫度對於吸光值與時間的影響

由圖 13 結果得知，持續加熱時間超過 12 分鐘後，其吸光值雖然趨近穩定，但吸光值還是緩緩上升，為了確保實驗的正確性及穩定性，因此我們選擇持續加熱 12 分鐘後開啟冷卻系統並觀察其現象與其吸光值。

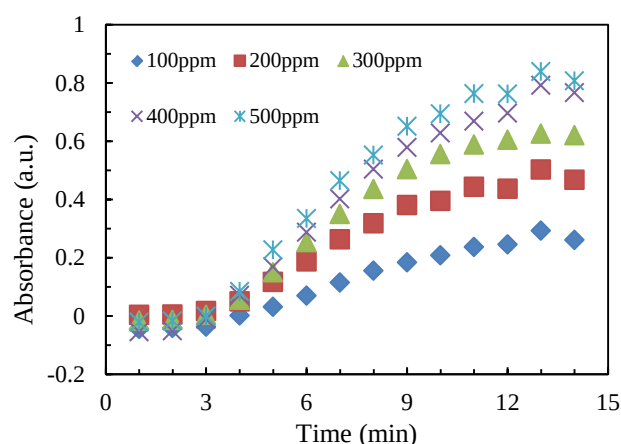


圖 13 持續加熱對於吸光值的影響

由圖 14 結果得知，在持續加熱 12 分鐘後開啟冷卻系統，其檢測出 12~15 分鐘的吸光值皆穩定，由此可以判定持續加熱期間會影響檢測結果，因此利用

PMMA 晶片測量己二烯酸採用 12~15 分鐘作為紀錄數值的時間條件。

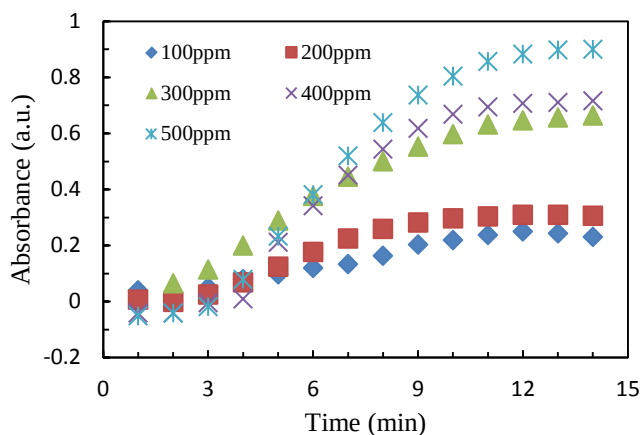


圖 14 12 分後冷卻對於吸光值的影響

由上述實驗所得結果之最佳條件來檢測如圖 15 100~500 ppm 的己二烯酸，持續加熱 12 分鐘後開啟冷卻系統並檢測 12~15 分鐘之吸光值取平均值，再將各濃度之吸光值做圖，結果顯示己二烯酸與波長 530nm 的吸光值具有線性關係，線性方程式為 $y = 0.0014x + 0.0681$ ，其線性度 $R^2 = 0.998$ 以上，由此可以證明該方法可以應用於己二烯酸之檢測。

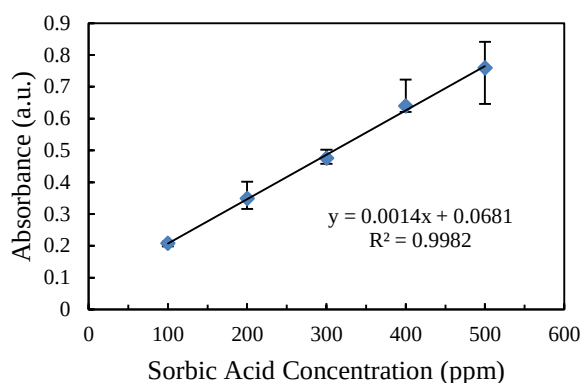


圖 15 100~500 ppm 己二烯酸 PMMA 晶片法標準曲線圖

圖 3-9 為 100~500ppm 的己二烯酸利用分光光度法檢測所得標準曲線，由實驗結果可以得知該濃度區間所對應之吸光值具有高度線性關係，其方程式為

$y = 0.0054x + 0.1544$ ， R^2 高達 0.996 以上，由此可以證明分光光度法還是目前主流方法。

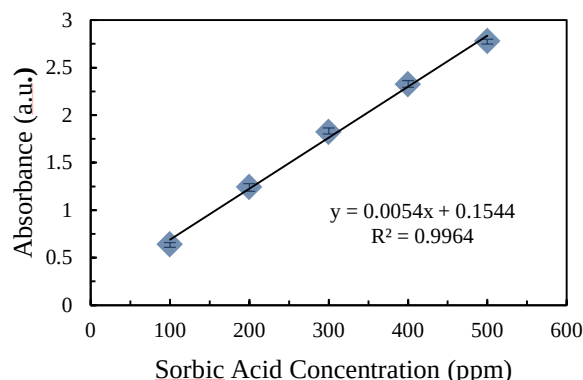


圖 16 100~500 ppm 己二烯酸分光光度法標準曲線圖

由圖 15 和圖 16 以 Beer-Lambert law 的計算公式

$$A = -\log_{10} \frac{I_t}{I_0} = \log_{10} \frac{1}{T} = K \cdot L \cdot C$$

檢測的因數有吸光係數、檢測濃度與介質厚度，其中傳統分光法所使用的是 1 公分厚的石英管，而 PMMA 晶片厚度為 0.6 公分，由此結論可看出分光法靈敏度較高。在斜率與線性度方面兩者相異性不大，由此結論得知 PMMA 晶片法對於己二烯酸之檢測有一定的可行性與準確度。

四、結論與建議

本研究利用分光光譜儀及 CO_2 雷射雕刻技術，設計並製作出一種能夠快速檢測的晶片，並從中檢測出檸檬酸、TBA 及 Iron(III) 的最佳濃度。由於分光光譜儀需較多液量檢測，因此我們改良傳統分光光譜儀，使用晶片法將液量縮減成微量檢測，並針對其實驗作出總結。

針對三種反應試劑濃度進行條件最佳化分析，發現 1% 的檸檬酸，0.25% 的 TBA，0.1M Iron(III) 有最佳的分析條件。接著以 PMMA 晶片法針對溫度條件做分析，發現溫度越高反應時間越快，但溫度接近 T_g 點時，其晶片結構改變會影響檢測結果，本研究檢測

出來的最佳溫度為 90℃。

針對以上所有條件來檢測 100~500 ppm 的己二烯酸所測出的 PMMA 晶片法得出己二烯酸其線性方程式為 $y = 0.0014X + 0.0681$ ，且線性度 $R^2=0.998$ 以上，由此研究得知 PMMA 晶片法與傳統分光趨勢一樣，而線性可達 0.998 以上，對於此檢測方法是具有可行性的。

五、致謝

感謝 傅龍明老師讓學生有機會接觸到微流體領域，也感謝學長姊這一年來的辛勤指導，使我們學習到許多有關微流體的之知識與技術，讓我們對未來的方向有更更新的體認，謹致上最誠摯的感謝與敬意。

在一年的專題研究其間，除了學習知識與技術以外，使我們可以在實驗中的挫折中一次又一次的度過，首先感謝駿瑩學長在實驗室這次機台以及實驗各方面的幫忙及教導，也感謝建巨學長以及惟馨學姊在化學方面及實驗架構方面給予我們滿滿的建議以及幫助，在實驗室中，或許在實驗過程中，時間是如此的長，但學長姐依舊在實驗室陪著我們一起成長，努力的想要把我們給帶好教好，最慶幸的是在這個實驗室還可以得到老師滿滿的幫助，同時亦將本文獻給所有曾經關心和幫助過我們的同學以及實驗室夥伴們，感謝之意無法用言語完整的表達出來，唯有在此深深地祝福你們。

六、參考文獻

- [1] 衛生福利部食品藥物管理署，2015，抽驗冬至產品不合格清單，衛生福利部食品藥物管理署，附件一第 1 頁。
- [2] 衛生福利部食品藥物管理署，2016，抽驗中秋節月餅不合格清單，衛生福利部食品藥物管理署，附件一第 1 頁。
- [3] 衛生福利部食品藥物管理署，2017，抽驗散裝飲冰品不合格清單，衛生福利部食品藥物管理署，附件一第 1 頁。
- [4] DAVIDSON, P. (1997). Chemical Preservatives and Natural Antimicrobial Compounds. *Food Microbiology Fundamentals and Frontiers*, 522-556. American Society of Microbiology.
- [5] 衛生福利部食品藥物管理署，2016，食品添加物使用範圍及限量暨規格標準，法規，衛生福利部，台灣。
- [6] DEUEL, H. J., ALFIN-SLATEE, R. O. S. L. Y. N., WEIL, C. S., & SMYTH, H. E. (1954). SORBIC ACID AS A FUNGISTATIC AGENT FOR FOODS. *Journal of Food Science*, 19(1-6), 1-12.
- [7] CAMPOS, C., GERSCHENSON, L. N., ALZAMORA, S. M., & CHIRIFE, J. (1991). Determination of sorbic acid in raw beef: An improved procedure. *Journal of food science*, 56(3), 863-863.
- [8] Molina, A. R., Alonso, E. V., Cordero, M. S., Torres, A. G. D., & Pavon, J. C. (1999). Spectrophotometric flow-injection method for determination of sorbic acid in wines. *Laboratory Robotics and Automation*, 11(5), 299-303.
- [9] Lau, O. W., Luk, S. F., & Lam, R. K. (1989). Spectrophotometric method for the determination of sorbic acid in various food samples with iron (III) and 2-thiobarbituric acid as reagents. *Analyst*, 114(2), 217-219.
- [10] CAMPOS, C., GERSCHENSON, L. N., ALZAMORA, S. M., & CHIRIFE, J. (1991). Determination of sorbic acid in raw beef: An improved procedure. *Journal of food science*, 56(3), 863-863.
- [11] Melnick, D., Luckmann, F. H., & Gooding, C. M. (1954). Sorbic acid as a fungistatic agent for foods III. Spectrophotometric determination of Sorbic acid in cheese wrappers, Harmlessness of sorbic acid as a dietary componen. *Journal of Food Science*, 19(20-27).

- [12] Marsili, N. R., Lista, A., Fernandez Band, B. S., Goicoechea, H. C., & Olivieri, A. C. (2004). New method for the determination of benzoic and sorbic acids in commercial orange juices based on second-order spectrophotometric data generated by a pH gradient flow injection technique. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(9), 2479-2484.
- [13] Hofer, K., & Jenewein, D. (2000). Enzymatic determination of sorbic acid. *European Food Research and Technology*, 211(1), 72-76.
- [14] Bahremand, N., & Eskandari, S. (2013). Determination of Potassium Sorbate and Sodium Benzoate in "Doogh" by HPLC and Comparison with Spectrophotometry. *Int. J. Bio-Inorg. Hybd. Nanomat*, 2(3), 429-435.
- [15] Bennett, M. C., & Petrus, D. R. (1977). Quantitative determination of sorbic acid and sodium benzoate in citrus juice. *Journal of food science*, 42(5), 1220-1221.
- [16] B. Mandrou, V. Nolleau, E. Gastaldi, H. Fabre, Solid-phase extraction as a clean-up procedure for the liquid chromatographic determination of benzoic acid and sorbic acid in fruit-derived products, *Journal of Liquid Chromatography and Related Technology*, 21, 829–842, 1998.
- [17] Manz, A., Graber, N., & Widmer, H. Á. (1990). Miniaturized total chemical analysis systems: a novel concept for chemical sensing. *Sensors and actuators B: Chemical*, 1(1-6), 244-248.

Abstract

With the demand and improvement of human quality of life, people are paying more and more attention to health. However, food safety problems have become commonplace in recent years. Most food supplements are used as the majority of food

supplements, so that everyone must pay attention to food safety. Consumers are not paying attention to the level of the price, it pays more attention to the contents and additives in the food.

This study rapid microfluidic mixing-chip system for sorbic acid detection in foods. The Lab-on-a-chip (LOC) and point-of-care (POC) concepts were combined into food detection to develop a simple operation, low sample addition, low cost, and rapid-analysis for detection device and diagnostic system, combined with a microfluidic mixing-chip, can perform the functions of mixing, heating, cooling, and detection on the system device. This method can be effectively used for detection of sorbic acid.

The experimental results show that using the proposed rapid microfluidic mixing-chip system device to detect 100 ppm to 500 ppm of sorbic acid at a wavelength of 530 nm has an excellent linearity R^2 of up to 0.998, that this method was confirmed highly feasible and accurate.

應用影像量測技術於 金屬蝕刻狹縫之檢測系統

專題論文報告

作者：廖建明(B10444003)

范文全(B10444023)

黃冠承(B10444032)

指導老師：李副教授 文宗

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

LCD 及背光模組完成組立後所進行的點燈測試 (Light On Test)，目前幾乎都還是仰賴人工目檢的方式在進行。人工目檢最大的缺點是檢測結果很容易受檢測人員主觀(subjective opinions)的影響，換言之，人工目檢所做的評斷可能會有不夠客觀(objective)的問題。為了使讓檢測的結果更為客觀，我們程式利用 LabVIEW 2016 撰寫及 Vision Assistant 2013 做處理影像，可在人機介面端獲得即時資訊，方便進行改善、配置、檢測。透過拍攝系統取像後進行影像處理。

壹、引言

在蝕刻的製造過程中，常會因為人為的疏忽、設備不良與環境品質不佳等因素而造成蝕刻表面缺陷的產生，此缺陷的產生將影響著後續的作業。目前廠商在晶圓切割後，通常採用人工目視檢驗的方式來檢驗狹縫，以維持整體晶圓之品質。然而，使用人工目視檢驗的方式，將需要投入龐大的人力、物力與作業空間，且維持檢驗品質亦是一項考驗，因此，目前各廠

商急於改變此檢驗方式。本研究提出影像檢測技術來建構一套自動量測系統之辨識方法，辨識範圍涵蓋整個狹縫，以確保狹縫寬度誤差不會過大。此外，本研究舉一個實際案例，來說明所提出之影像檢測技術的辨識方法，結果顯示本研究所提出之方法具有有效性與實用性。

貳、研究內容與方法

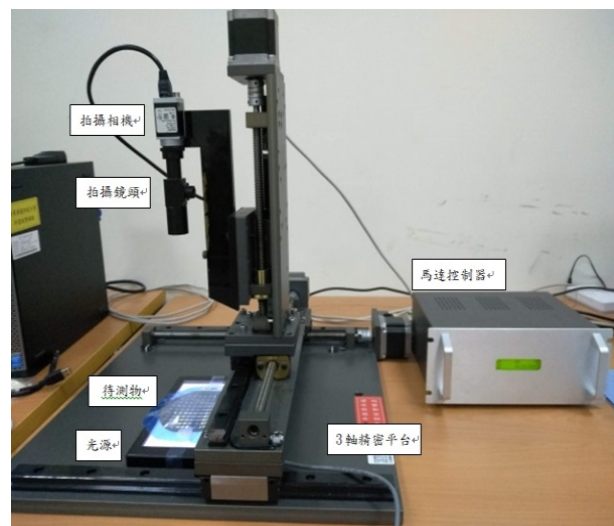


圖 2-1 整體配置

硬體設備

器材規格與配置

2.1 電腦 (Dell optiplex 7020)

2.2 馬達控制器

2.2 電源供電器 (DVAL DC POWER SUPPLY)

2.3 LED 背光板

2.4 三軸精密平台

2.5 壓克力板相機支撐架

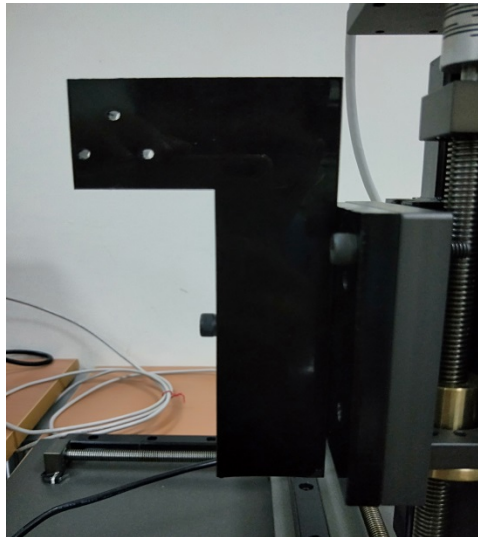


圖 2-2 相機支撐架

2.6 相機規格

表 2-1

型號	Basler acA1300-30gc
解析度	1294x964(H x V pixels)
接頭形式	GigE
偵速	30 fps

2.7 遠心鏡頭

表 2-2

型號	TV-05F-110
焦距	110mm

2.8 微步進馬達驅動控制器

表 2-3

驅動電流	1.5A/Phase
驅動電壓	30V/DC
使用電流	AC11V
基本步	(1.8 度)做 1/8 細分
速度	25PPS~8000PPS

RS232 傳輸規格	9600 鮑爾率
	1 起始位元
	1 停止位元
	XON/XOFF 交換檢查

2.9 圖像校準—Image Calibration

使用校正片，校準圖像將 pixels 轉換成 micrometer 以便讀取數值。

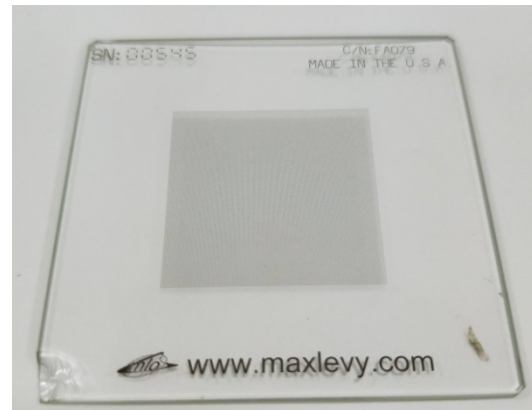


圖 2-5 網點校正片

軟體設備

2.10 程式設計—LabVIEW 2016

LabVIEW 提供圖形化的程式介面，使用者可透過人機介面直接控制自行開發之儀器，縮短了開發原型的速度以及方便日後的軟體維護，進一步提升生產力。

2.11 影像分析—Vision Assistant 2013

機器視覺開發 (Vision Development) 模組使用 LabVIEW 與 LabVIEW NXG 圖形化程式設計環境，本專題使用內部 Clamp(Rake)，測量出待測物狹縫數值。

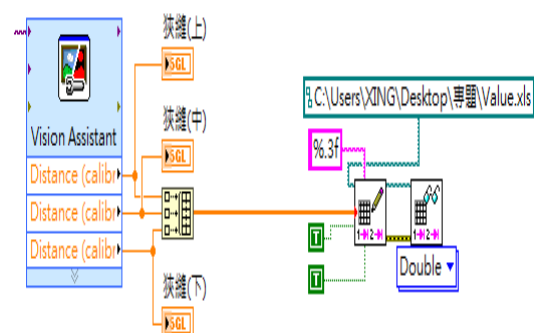


圖 2-3 計算狹縫程式

2.12 控制設備—微步進馬達驅動控制器
透過 VISA 設定馬達驅動控制器連接電腦的 COM Port，透過 RS232 傳送控制指令進行移動。

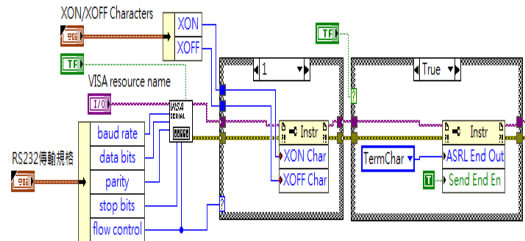


圖 2-4 RS232 初始化程式

2.13 特徵定位—Pattern Matching
找出狹縫在圖像中的相對位置。

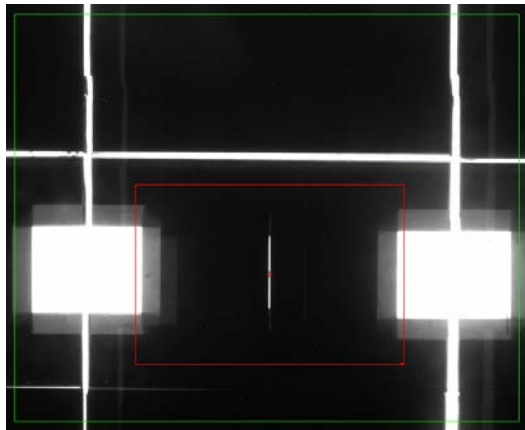


圖 2-6 讀取位置

2.14 設定坐標—Set Coordinate
根據前面 Pattern Matching 所找到的特徵建立方向坐標。

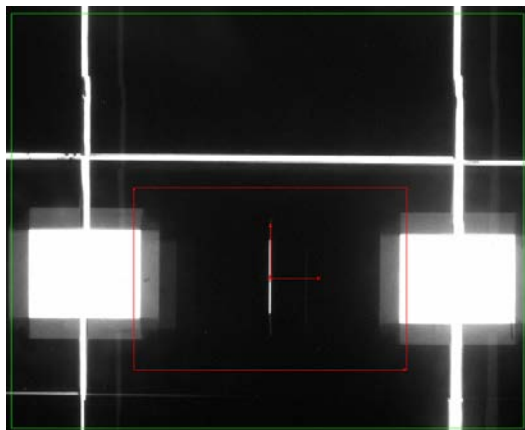


圖 2-7 設定坐標

2.15 量測狹縫寬度—Clamp(Rake)
框起所要量取狹縫寬度。

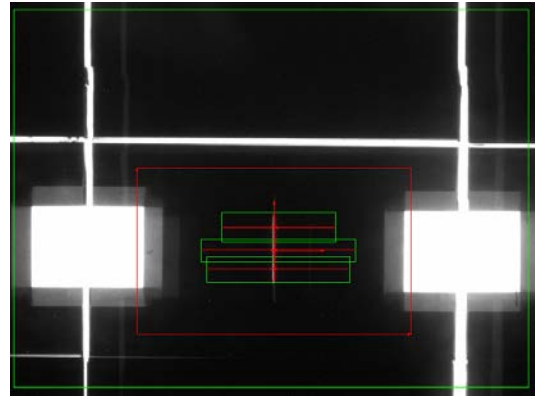


圖 2-8 測量寬度

2.16 資料儲存—Microsoft Excel
匯出狹縫數值。

前置流程

先將金屬蝕刻取以一小方格作為量測對象

1. 調整電源供應器至 DC 7.9V，連接至 LED 背光板
2. 先打開程式 NI-MAX，確認電腦是否連接到相機
3. 將待測物至於鏡頭下，打開馬達控制器，從 Labview 程式中，控制三軸平台。
4. 此時的待測物呈現模糊狀態，將調整架設於 Z 軸高度，使畫面清楚對焦。
5. 當影像完全清楚時，擷取必固定 Z 軸數值
6. 拍攝網點(網格)片，主要功能使元件上之幾何外形作 Pixel 量化的動作，再配合成像原理估算出原始待測物尺寸之大小(micrometer $\mu = 10^{-6}m$)。

程式流程

開啟主程式，連接相機(初始化)與馬達驅動

器，設定待測物起始坐標及結束坐標，啟動程式，馬達開始作動，讀取相機當前位置，當到定點時，拍攝狹縫並存取影像，計算狹縫寬度並傳出數值

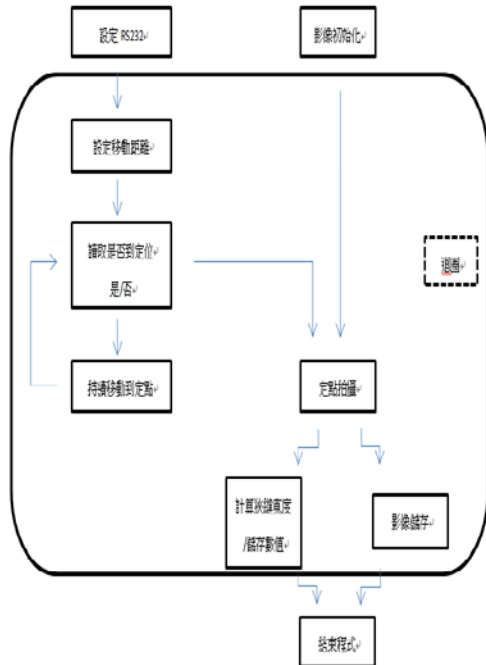


圖 2-11 程式流程圖

文獻探討

AOI 技術發展現況

蕭裕昌[1]自動光學檢測系統 AOI(Automatic Optical Inspection)一般可分為照明系統、取像系統(CCD、擷取卡)、電控系統(平台運動控制)、影像處理與分析系統(個人電腦)等四個主要次系統如下圖 2.17，以下分別簡述其功能。

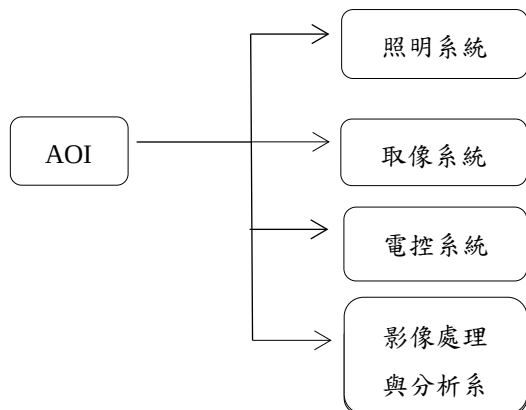
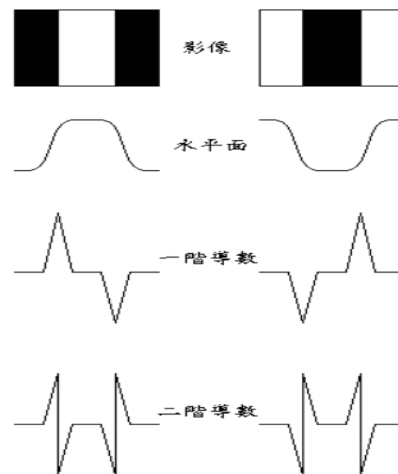


圖 2-9 AOI 量測系統架構圖

邊緣偵測(Edge Detection)

黃凱豐[2]在影像處理的應用中邊緣檢測是非常重要的工具。邊緣檢測的方法主要是利用影像中圖元明暗值有明顯變化的邊緣位置來加以檢測，已獲得物體與背景間的邊緣特徵。而邊緣檢測的應用常用三個地方：量測(Gaugung)、檢測(Detection)與校正(Alignment)。量測是指用來檢測物體尺寸上的資訊，諸如長度、距離、直徑和角度等，皆是可以利用此法取得的資訊；檢測是指利用線性輪廓圖來判定物體與背景中有多少邊界上的變化；校正是指利用邊緣檢測工具組合的方式已取得物體方位與原點位置。在使用邊緣偵測時，必須要利用 ROI 先設定搜尋範圍(Search Region)。依不同的檢測需求，需設定不同形狀的 ROI，如直線、矩形、橢圓形、環形及多邊形等。通常這些參數皆可在程式中加以設定或定義，以利影像檢測執行。



影像擷取方式

取像系統通常會依據不同的檢測對象，各種的瑕疵屬性，或是生產線上的實務考量，而量身訂做出最有利於擷取影像的配置方式。使用高速快門對移動中的物件之取像方法，這個取像方法利用高速快門，縮短曝光時間，將物件在快門時間內的移動距離控制在可容忍的範圍內，使得取像時可以毋須將物件停下，加快取

像速度，以達成線上檢測之目的。

打光方式

黃凱豐[2]背後照明(Back Lighting)需將待測物置於 CCD 攝影機與背光源之間，如圖所示。若能適當擺設，此法能提供很高之影像比(即可使待測物呈現黑與白的強烈背景對比)，因此可得到清晰的待測物**輪廓特徵**，此法應用於量測物體尺寸、孔洞檢測及計算面積等。

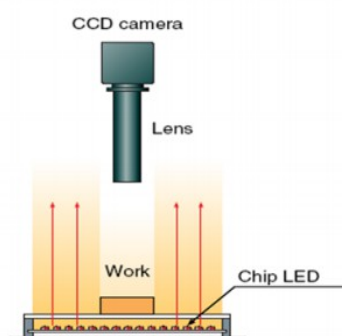


圖 2-10 背光源照明

微小元件之加工與量測精度

微小元件尺寸目前並無明確的定義，一般認為其尺寸大小在公分以下，而元件結構的輪廓則在微米的範圍。由於元件尺寸、結構精細程度與製造加工方法常影響量測儀器的選用，因此須依元件特性來決定量測元件的選用。

參、結果與討論

經由三軸精密平台與相機組合而成的檢測系統，用來測量金屬蝕刻並配合 LabVIEW 程式撰寫，設計出一套自動量測程式。

結果：標準值：20μm

測量值：X

誤差值百分比： $(|X - 20\mu\text{m}|) / 20\mu\text{m} * 100\%$
從附錄一(金屬蝕刻量測值)

發現些許測量值過大，誤差超過 50%，此數為不良值

可能原因：背光板燈光不足 畫面模糊不易量測

問題一：狹縫數值過大，發現主要原因待測物因附有防塵膜，無法完全貼齊背光板，導致相機對焦產生模糊無法準確量測。

問題二：背光板的亮度會影響系統判斷邊緣偵測。

解決方法一：使用手動模式來調整對焦距離，已取得正確寬度數值(附錄二)，仍然有 5 個狹縫誤差值大於 50%，所以我們推論出這 5 個狹縫可能是在加工時出問題。

解決方法二：一一調整背光板供電電壓，找到最適合的電壓值，量取狹縫寬度。

改善部分：組員討論後發現程式還是有很多可修改的地方，例如當影像找到狹縫時可以自動對焦來提高數值的完整性，以及在前置作業可以精準算出狹縫與狹縫間的距離，避免特徵定位(Pattern Matching)找不到影像中的測量物。

肆、結論

本專題應用 LabVIEW 控制機台上的相機作為拍攝，在調整好焦距下，擷取影像，再由影像處理即時分析，計算出狹縫寬度，輸出顯示在 LabVIEW 程式面板，以便得知狹縫是否有瑕疵與問題。

本研究對於蝕刻狹縫標準值為 20μm，在實驗中，自動系統量測下，其量測值會位於 20μm 上下，但某些數值會有偏大的結果，誤差值高於 50%，我們推斷**原因為沒有清楚對焦而導致**。因此為了驗證其結果，我們經由手動對焦量測其較大的誤差值，發現數值可在理想範圍內。經由討論此兩種方式量測比較，**得出對焦會影響狹縫數值**，其原因在於邊緣檢測是應用影像中圖元明暗值有明顯變化的邊緣位

置來加以檢測，如果影像模糊，會使量測邊緣變大，數值因此而增加。

伍、誌謝

首先誠摯的感謝李文宗副教授的指導，老師細心的教導使我得以新生領域的深奧，不時的討論並指點我們正確的方向，使我們在這一年中獲益匪淺，老師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。老師對學問的嚴謹更是我們學習的典範。

本專題的完成另外亦得感謝星萌、順安學長的協助。也謝謝共同組成隊伍的我們，范文全、黃冠承及廖建明，少了團隊互相的協助及討論；少了不同的思路及看法，我們是無法順利完成專題的。因為有大家的體諒、包容及幫忙，使得本論文能夠更完整而嚴謹。

謝謝團隊的努力，讓這一年實務專題製作回憶讓研究生活變得絢麗多彩。

陸、參考文獻

1. 學位論文：

(1)蕭裕昌，2004 應用影像量測技術於微小元件之外型尺寸量測之研究，碩士學位論文，淡江大學。

(2)黃凱豐，2009 手機保護面板之自動化光學檢測系統，碩士學位論文，國立台灣科技大學。

(3)陳宗達，2005 CMOS 玻璃蓋片自動光學檢測機台之設計及開發，碩士學位論文，國立交通大學。

(4)吳東權、陳秉中、周敏傑、鄭建華、洪春長、董月嬌，1995”微機電系統專題系列之(2)-微機電系統之基本技術”，機械工業第142期，p. 202-223。

(5)惠汝生，2016，”LabVIEW 8.X 圖控程式應用-介面控制應用” 12-1~12-2

2. 網路資料：

(1)程式架構撰寫。2015。LabVIEW 教學。

LabVIEWpro。網址：

<https://www.labviewpro.net/>。上網時間：

2017/09/19。

(2)相機規格。2017。BASLER 產品列表。

BASLER。網址：

<https://www.baslerweb.com/cn/products/cameras/area-scan-cameras/ace/aca1300-30gc/>。上網時間：

2018/04/30。

(3)鏡頭規格。2017。OPTART 產品簡介。

OPTART。網址：

https://www.optart.co.jp/tw/telecentric_lens/tv-standard/。上網時間：2018/04/30

(4)坦聯微步進馬達操作手冊。2000。微步進馬達驅動控制器。坦聯企業。網址：

<http://www.tanlian.tw/MANU/%E5%9D%A6%E8%81%AF%E6%93%8D%E4%BD%9C%E6%89%8B%E5%86%8AA1.pdf/>。上網日期：

2017/11/30。

(5)LabVIEW 筆記：專題介紹。2015。專題介紹-使用 LabVIEW 與 RS232 介面裝置通訊。

LabVIEW 筆記。網

址：<http://labviewnote.blogspot.tw/2014/06/how-to-rs232.html/>。上網日期：

2017/11/30。

(6) NI Vision: Grid Calibration。2015。網點校正片使用方法。Youtuber NTS

<https://www.youtube.com/watch?v=eWqq65ZZ0NQ/>。上網日期：2018/12/13

Apply image Measurement Technology Metallic etching Slit of Detection Systems

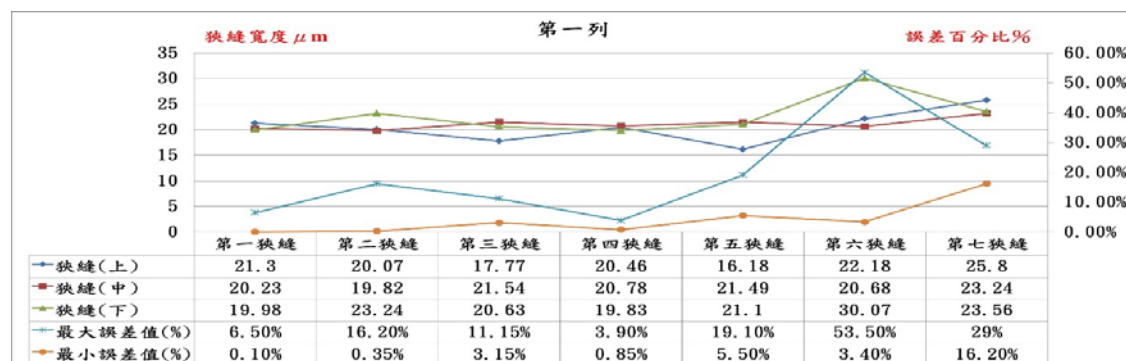
Students :FAN, WEN-Chuan,
Huang, Kuan-Cheng
Liao, Chien-Ming

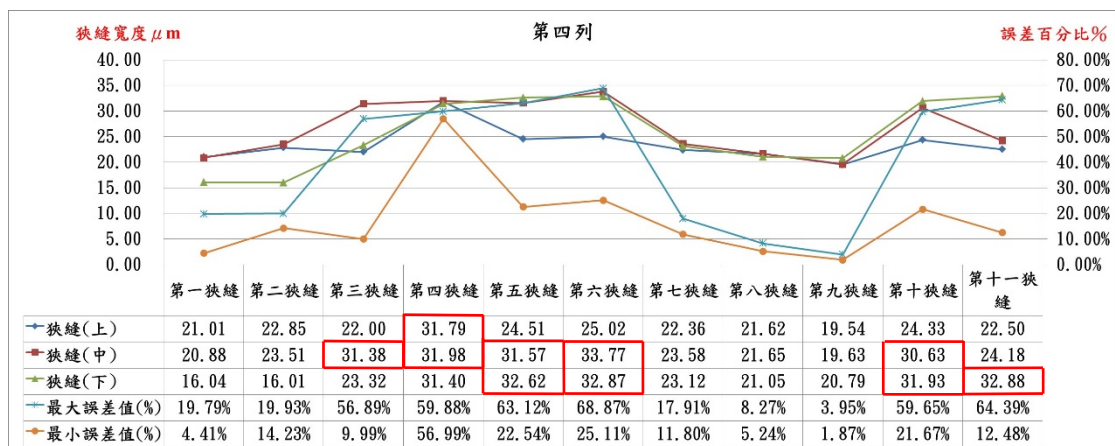
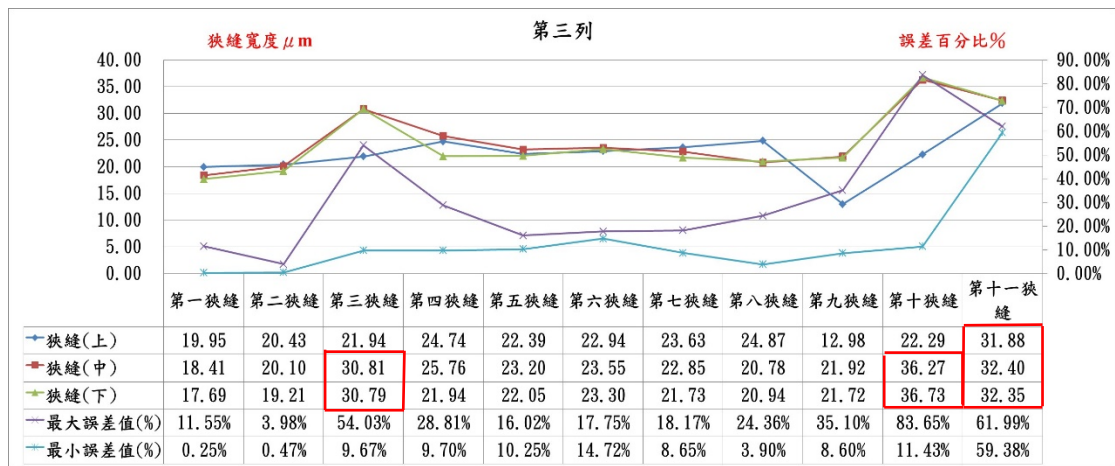
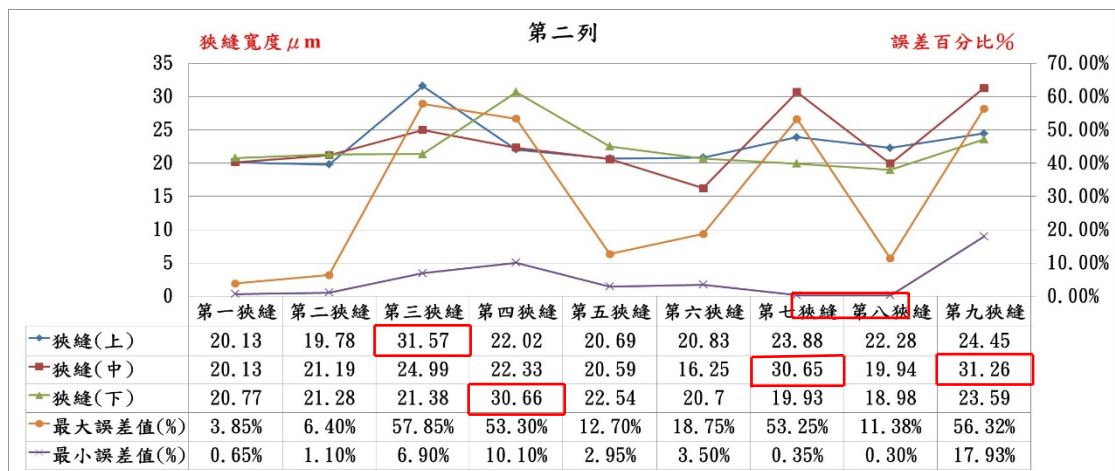
Advisor: **Wen-Tzong Lee** Associate Professor
Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

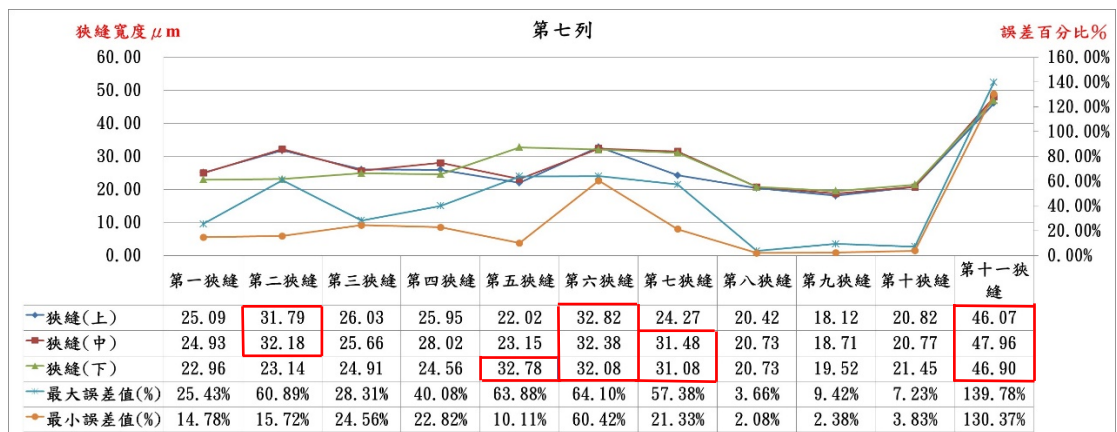
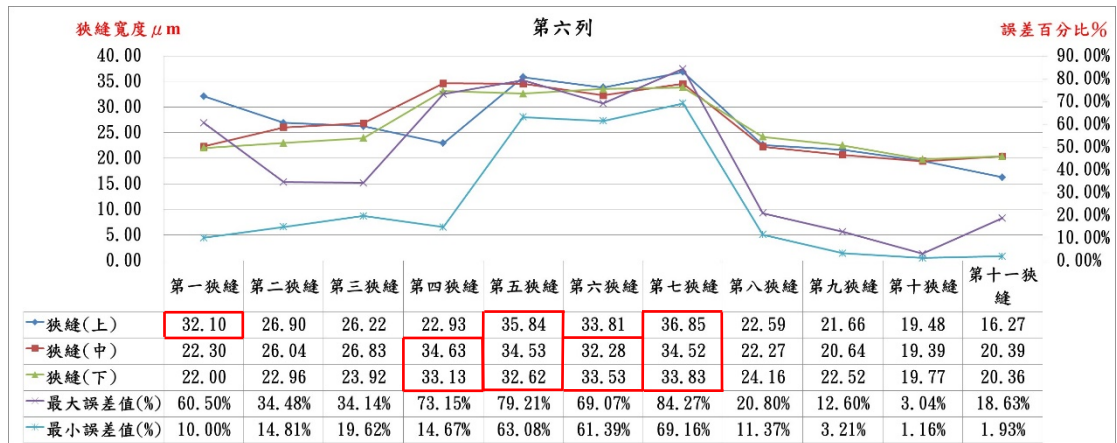
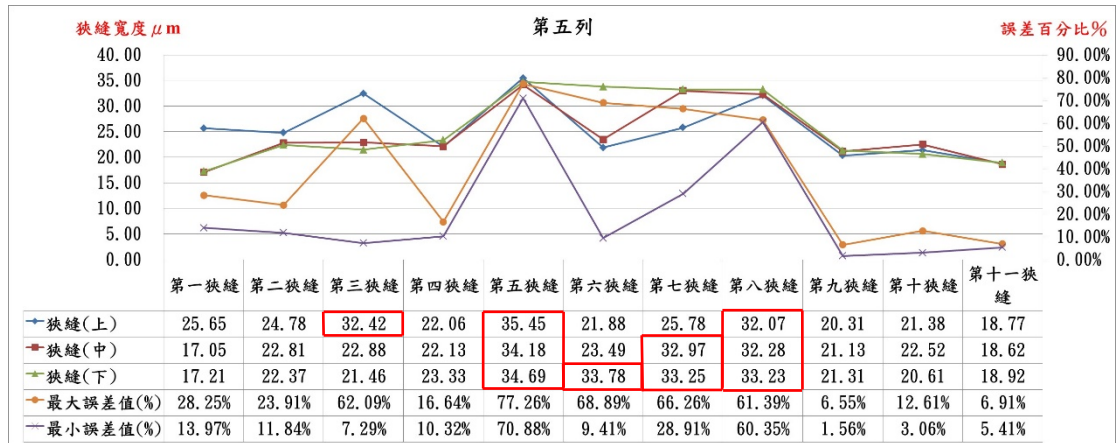
Abstract

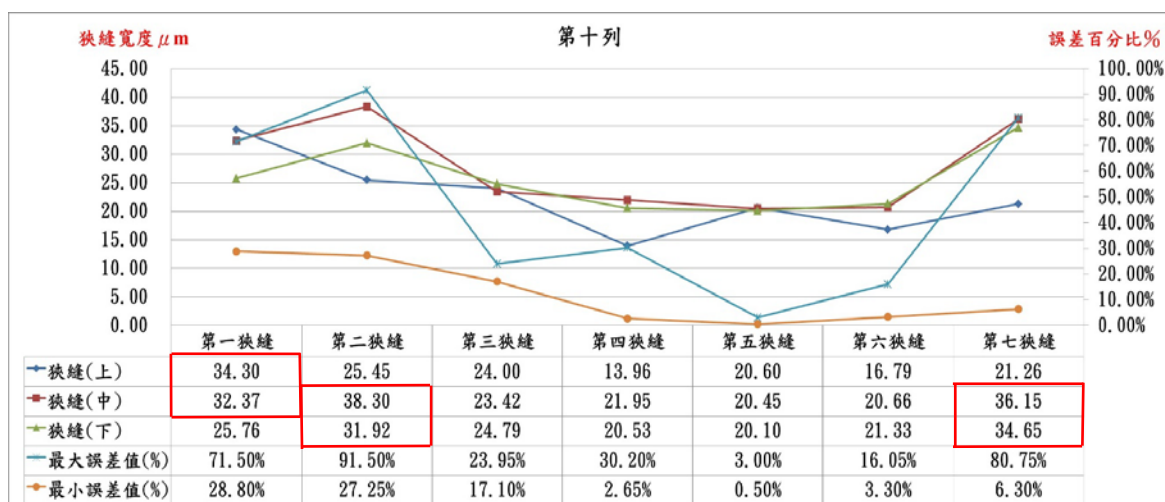
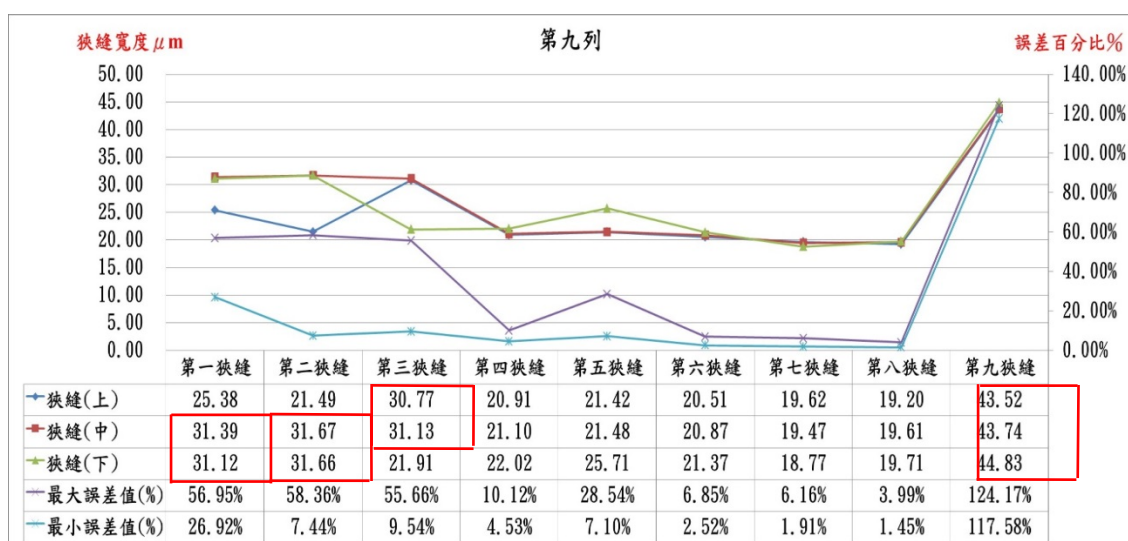
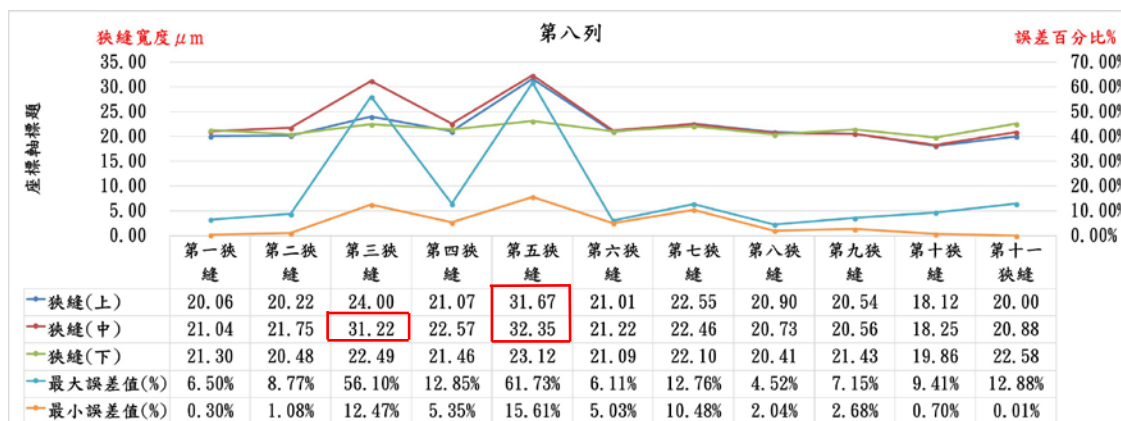
The Light On Test is performed after the LCD and the backlight module are assembled, Most detection methods are still rely on manual detection to proceed at the present. But, the greatest disadvantage of manual detection is testing results which easy influenced by inspector subjective opinions, in other words, the manual detection judgements are not objective. In order to make the results objective, so we write program with LabVIEW 2016 and using Vision Assistant 2013 to make image processing with these help we can get the instant information from front panel, let us regulate the improvement, deployment and detection. Through the screen system get image ,and then doing image processing.

附錄 一









附錄二

自動

手動

第一列	第六狹縫					第六狹縫						
狹縫(上)												
狹縫(中)												
狹縫(下)	30.07					20.03						
第二列	第三狹縫	第四狹縫	第七狹縫	第九狹縫		第三狹縫 第四狹縫 第七狹縫 第九狹縫						
狹縫(上)	31.57					19.71						
狹縫(中)			30.65		31.26	22.73 25.17						
狹縫(下)	30.66				24.03							
第三列	第三狹縫	第十狹縫	第十一狹縫			第三狹縫 第十狹縫 第十一狹縫						
狹縫(上)			31.88			20.68						
狹縫(中)	30.81	36.27	32.40			20.79 17.13 21.21						
狹縫(下)	30.79	36.73	32.35			21.14 21.34 23.36						
第四列	第三狹縫	第四狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第十狹縫	第十一狹縫	第三狹縫	第四狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第十狹縫	第十一狹縫
狹縫(上)	31.79						20.73					
狹縫(中)	31.38	31.98	31.57	33.77	30.63	21.67 26.37 23.22 23.75 20.65						
狹縫(下)	31.40		32.62	32.87	31.93	32.88	22.48 25.75 26.09 20.06 22.66					
第五列	第三狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第七狹縫	第八狹縫		第三狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第七狹縫	第八狹縫	
狹縫(上)	32.42	35.45			32.07		19.91	22.28			22.09	
狹縫(中)	34.18				32.97	32.28	25.97		37.82		22.45	
狹縫(下)	34.69		33.78	33.25	33.23		29.6		34.56	34.51	22.05	
第六列	第一狹縫	第四狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第七狹縫		第一狹縫	第四狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第七狹縫	
狹縫(上)	32.10	35.84		33.81	36.85		21.47	24.67		24.67	23.30	
狹縫(中)	34.63		34.53	32.28	34.52		26.79		32.02	21.96	24.61	
狹縫(下)	33.13		32.62	33.53	33.83		25.31		23.02	23.02	23.93	
第七列	第二狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第七狹縫	第十一狹縫		第二狹縫	第五狹縫	第六狹縫	第七狹縫	第十一狹縫	
狹縫(上)			32.82	46.07		24.67 20.96						
狹縫(中)	32.18	32.38		31.48	47.96		21.23	21.53		22.47	22.17	
狹縫(下)	32.78		32.08	31.08	46.90		23.93		23.02	25.31	24.76	
第八列	第三狹縫	第五狹縫					第三狹縫	第五狹縫				
狹縫(上)	31.67					22.47						
狹縫(中)	31.22	32.35					21.23	24.54				
狹縫(下)												
第九行	第一狹縫	第二狹縫	第三狹縫	第九狹縫		第一狹縫 第二狹縫 第三狹縫 第九狹縫						
狹縫(上)			30.77	43.52		22.90 23.63						
狹縫(中)	31.39	31.67	31.13	43.74		22.19 38.8 24.98 25.00						
狹縫(下)	31.12	31.66	44.83		21.51 22.49 24.93							
第十行	第一狹縫	第二狹縫	第七狹縫		第一狹縫 第二狹縫 第七狹縫							
狹縫(上)	34.30			21.18								
狹縫(中)	32.37	38.30	36.15		20.60 35.54 22.75							

全
文

夜間微量補光於溫室水耕小黃瓜生長差異研究

專題生:吳易軒、姚羿
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小黃瓜栽培期間，於夜間施與 LED 微量補光照射時，其生長響應之差異，補光光質比例為藍光(32%):綠光(16%):紅光(52%)，栽培環境條件為夏季日夜溫度分別為 $27\pm 3^{\circ}\text{C}$ 與 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，冬季日夜溫度為 $24\pm 3^{\circ}\text{C}$ 與 $19\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，濕度介於 70~8%之間，養液中含氧量 $9\pm 1\text{mg/L}$ 。研究結果顯示，夜間微量補光對於小黃瓜開花數量有明顯差異，其餘無明顯顯著性差異。
關鍵詞：植物工場、小黃瓜、發光二極體、水耕栽培。

一、前言

高科技的進步也間接帶來了環境汙染以及高溫室氣體排放量，造成全球溫室效應日趨嚴重。也因此，各地氣候變遷導致聖嬰與反聖嬰現象逐漸增強，造成乾旱、豪雨及異常氣溫等天然災害。各種重工業所造成的水資源汙染及耗損，間接造成食物汙染，導致病毒更多樣性，對人體健康造成影響。這些危機都需要我們更為重視食的安全。為了防患未然，科技農業在植物生產方面提倡在室內生產高經濟作物，也就是採用植物工場生產模式，期望克服氣候變遷及環境汙染所帶來的影響[1]，維持穩定作物產量。

植物工場相較於田間栽培，除了維持植物生長所需的光線照射量、溫度及濕度等生長環境條件，以及須使用大量設備導電費較為高昂之外，從單位土地面積的產能及水資源的利用都是較優於田間栽培，且種植環境穩定，容易栽培出高品質的產品[2]。

而在栽培方式上相較於傳統植物栽培將植物種子或幼苗栽植於土中，土壤為植物帶來養分、水分、氧氣供應及支持植物固定生長。水耕栽培則是利用無機養液或混搭益菌直接用來栽培植物，無須利用土壤為介質，因此又稱為養液栽培及無土栽培，此作法安全、無農藥、無毒以及無汙染。

本專題研究選用小黃瓜作為研究標的物，小胡瓜(*Cucumis sativus*)原產於印度喜馬拉雅山南麓，為葫蘆科胡瓜屬一年生蔓性作物，依其生態特性可區分為大胡瓜、小胡瓜、全果加工胡瓜、四葉系統胡瓜和溫室系統胡瓜等。二十世紀初期自日本引進台灣種植，小胡瓜在果實採收時，凋謝的花朵仍附著果底，故俗稱「花胡瓜」，

另外小胡瓜在完全成熟後轉變為黃色，故也稱為「小黃瓜」。另外，近年來設施栽培越來越普遍，設施內夏季容易發生高溫障礙，不利果實發育。小黃瓜性喜溫暖，生育適溫為 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，溫度高於 35°C ，會造成生理失調，影響果實形狀及品質。溫度介於 $10\sim 13^{\circ}\text{C}$ 的低溫會出現生理紊亂。溫度低於 10°C 時，植株

生育受阻。根部生長溫度以 20-25℃ 為宜，過低植株生育停頓，過高植株生育過於旺盛，容易老化。喜濕卻不耐濕，高溫乾燥，容易導致葉片萎凋，致使植株生長不良；土壤積水，則易造成根部腐爛，致使病害發生嚴重[3]。

而小黃瓜上常見的蟲害以各類小型害蟲為主，如蚜蟲、粉蝨、薊馬與葉蟬等。此類害蟲由於體型小不易察覺，且繁殖快速，於田間察覺時往往已無法控制。因此，「預防勝於治療」是小型害蟲的管理原則。此外，當瓜實蠅與夜蛾類害蟲入侵至設施內時，由於缺乏天敵等抑制因子，亦能造成嚴重危害。故設施栽培時仍不可對大型害蟲掉以輕心，維護完整防蟲功能並良好田間衛生，將是蟲害管理之要務[4]。

本次專題透過玻璃溫室 LED 燈具，對小黃瓜進行無土栽培，在生長期進行實施夜間微量補光，探討有無夜間補光對於小黃瓜的生長各方面是否有影響。

二、材料與設備

2.1 設備

本實驗所使用之植栽床皆為系上所有之特色實驗室及玻璃溫室所提供，分別為：

- (1) B2 層架：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)
- (2) 水耕栽培植栽床：附有控制箱之燈條一組，燈光為紅光(峰值:nm)、藍光(峰值:nm)、綠光(峰值:nm)，可供攀藤植物攀爬之攀爬網。
- (3) 水牆及風扇：玻璃溫室擁有之設備，可於栽培過程中加濕及降溫。

2.2 儀器

本專題所使用之儀器：

- (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) 光量子計，單位 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
- (5) 光譜儀
- (6) Watch Dog 環境紀錄器
- (7) 光量子感測器

2.3 實驗材料

小黃瓜種子(摩比矮種小黃瓜、農友種苗股份有限公司)、花寶二號養液、不同尺寸之密林、水桶、保麗龍穴盤、育苗用海綿、沉水馬達、外掛式循環馬達，水族用打氣機、珍珠板、保麗龍板、水冷機。

三、實驗規劃與方法

3.1 實驗規劃與設計

本實驗預計使用同一植栽床種植小黃瓜，並記錄小黃瓜在此差異下之生長品質之優劣，實驗組使用自然光照加上 LED 在夜間進行微量補光，對照組則只有自然光照，每組各有三株小黃瓜。

種植環境為夏季日間溫度 $27\pm 3^\circ\text{C}$ 、夜間溫度 $21\pm 1^\circ\text{C}$ 、冬季日間溫度 $24\pm 3^\circ\text{C}$ 、 $19\pm 2^\circ\text{C}$ ，濕度 $70\pm 8\%$ ，水中含氧量 $9\pm 1\text{mg}/\text{L}$ 。

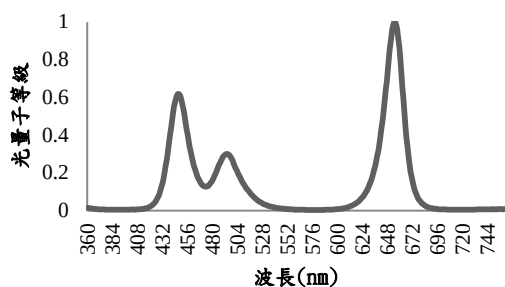
3.1.1 夜間補光光值比例

本實驗中 LED 燈條高度為 15cm，對實驗組之植株進行照射，並記錄小黃瓜生長期之生長數據，下述光質比例如圖一：

- (1) 藍：綠：紅→32%：16%：52%

各顏色之波段為：

紅光 610~720nm，綠光 520~610nm，藍光 400~520nm [5]。



圖一 補光光譜分布

3.2 實驗流程及步驟

本實驗流程圖如圖二，定期更換養液，並記錄 EC、PH 之變化。

實驗步驟如下：

- (1) 將種子置於約 25°C RO 水中軟化一日。
- (2) 用鑷子將種子尖端朝下沒入一半至水耕海綿。
- (3) 使用 RO 水浸泡水耕海綿。
- (4) 使用白光 LED 照射
- (5) 等子葉展開後開始使用花寶 2 號種植。
- (6) 待長出 4~5 片子葉即移至溫室植栽床定植，持續使用花寶 2 號種植。
- (7) 使用沉水馬達、冷水機及外掛式循環馬達進行 24 小時養液循環。
- (8) 實驗組加入夜間補光，由 18 點補光至 24 點。
- (9) 記錄生長數據。
- (10) 開花期使用毛筆進行人工授粉。
- (11) 果實成長 2 星期後進行收成。

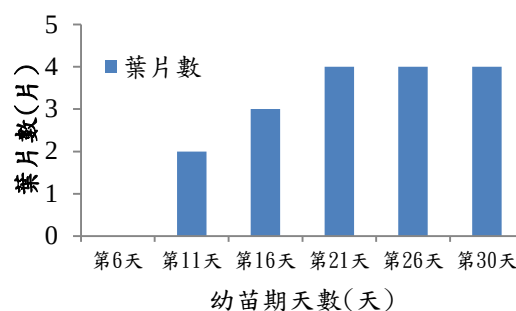


圖二 實驗流程圖

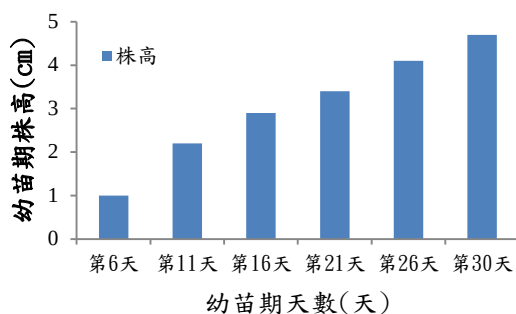
3.2.1 第一組實驗(11 月~1 月)

(1) 幼苗期

將育苗後已展開子葉之幼苗移至 B 層架種植，照射白光 24 小時，至長出 4~5 片子葉約 21 天，紀錄種植期間之葉片數及株高。



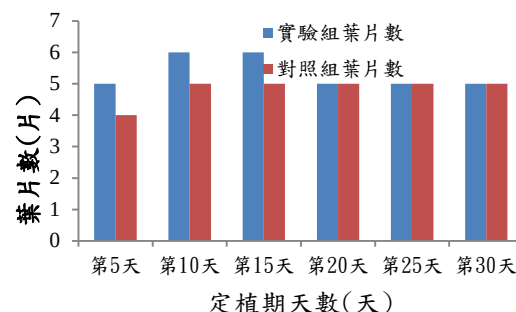
圖二 育苗期葉片數



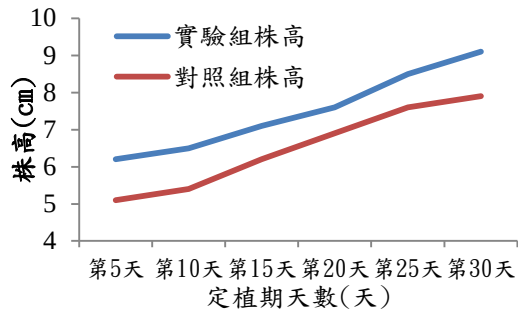
圖三 育苗期株高

(2) 定植期

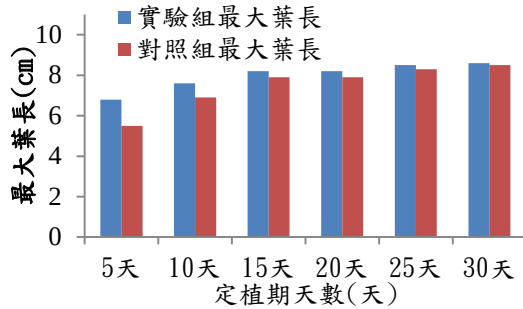
當長出 4~5 片子葉後，移至玻璃溫室植栽床種植，分成實驗組與對照組，至開花期約 30 天，紀錄種植期間之葉片數、株高及最大葉長。



圖四 定植期葉片數比較



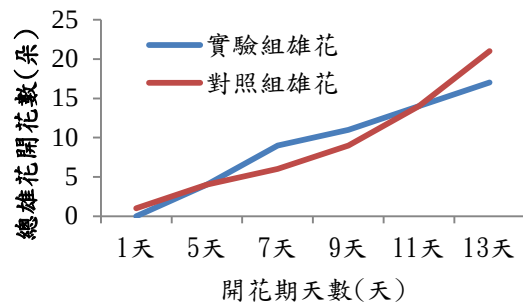
圖五 定植期株高比較



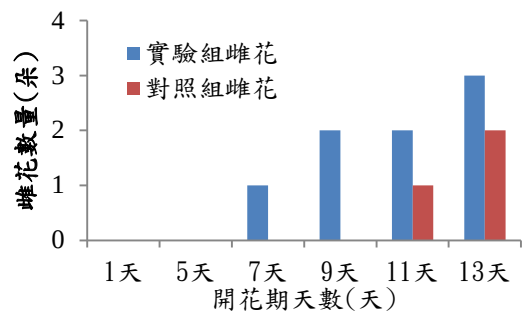
圖六 定植期最大葉長比較

(3) 開花期

長出花苞後開始記錄總開花數以及雌果數量，並比較兩組開花時間之差異。



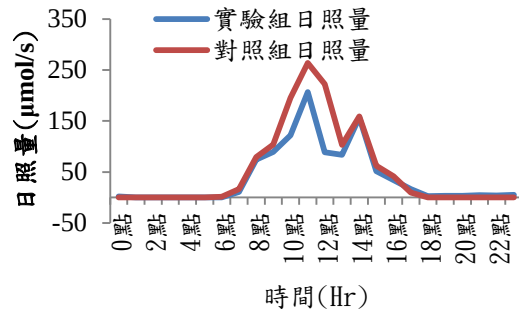
圖七 雄花總開花數比較



圖八 雌果數比較

四、結果與討論

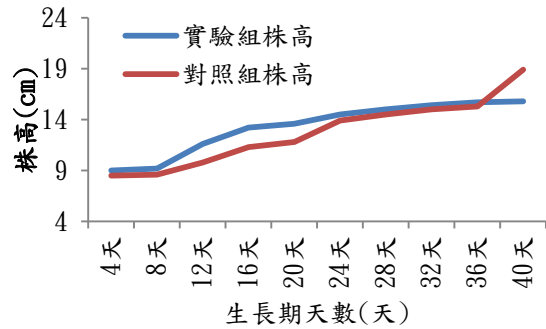
本專題第一次實驗在 11 月至 1 月進行，第二次則是 3 月至 5 月底，平均日照量如圖九，透過兩次實驗，將各階段生長數據統整後進行討論，由於幼苗期是在相同環境中生長，故不特別提及。



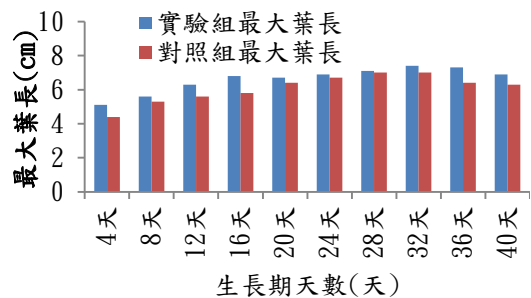
圖九 平均日照量

4.1 定植期

定植期數據使用的是第二次實驗之數據，生長情形由圖十可以看出，雖然實驗組一開始生長較快，但對照組日照較充足，平均株高在 20 天後即追上實驗組，平均最大葉長同樣有這種情形，後期減少是生長情形不佳所導致。



圖十 第二組實驗組平均株高



圖十一 第二組實驗平均最大葉長

4.2 開花期

由於第二組實驗剛進入開花期，故只使用第一次實驗之數據，從圖七可以發現，在第5天時，雖然進行微量補光的實驗組雄花總開花數略高於對照組，但在11天即追上並超過實驗組，圖八則是實驗組雄花開7天後即長出雌果，對照組略晚4天。

五、結論

本專題在於研究夜間微量補光對於溫室水耕栽培小黃瓜生長各方面之影響，但是實驗過程中，因為病蟲害或環境等因素導致植株死亡，只能得知以下幾點結論：

- 1.由於實驗組與對照組日照中午時段有差異，故可得知光量對於植株生長有明顯影響，葉片數量則影響較小。
- 2.夜間微量補光對於植株有將開花期時間提前，促使雌果出現較早的效果
- 3.小黃瓜及其容易受到病蟲害之影響，故做好防治措施是非常重要的。

六、致謝

謝謝指導老師張仲良教授當我們遇到問題時能給予我們許多建議及方法，也謝謝苗志銘教授在玻璃溫室發生問題時給予我們正確的解決方式及幫助。感謝實驗室學長及同學百忙中抽空協助我們解決遇到的問題，讓本專題雖然仍有瑕疵也得以有結果。

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] 錢昌聖，蕭政弘，花胡瓜栽培管理技術，臺中區農業技術專刊，第195期，第7~20頁，

2016。

- [4] 于逸知，白桂芳，林大淵，花胡瓜蟲害管理技術，臺中區農業技術專刊，第195期，第47~60頁，2016。
- [5] 林俊宏，「場協同理論之LED光源垂直農場種植最佳化分析」，碩士論文，高苑科技大學，2013。
- [6] K. Kahlen, H. Stützel, "Modelling Photo ~~Intermodate~~ Elongation in Growing Glasshouse Cucumber Canopies", New Phytologist, Volume 190(3), Pages 697-708, 2011.
- [7] H. H. Kim, M. Wheeler, A. Mitchell, "Plant Productivity in Response to LED Lighting", HortScience, Volume 43(7), pages 1951- 1956, 2008.
- [8] N. S. Mattson, C. Peters, "A Recipe for Hydroponic Success", Inside Grower Magazine, pages 16-19, 2014.
- [9] 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, 2011.
- [10] Qiu-yan. YAN, Zeng-qiang. DUAN, Jing-dong. MAO, Xun. LI, Fei. DONG, "Low Root Zone Temperature Limits Nutrient Effects on Cucumber Seedling Growth and Induces Adversity Physiological Response", Journal of Integrative Agriculture, Volume 12(8), Pages 1450-1460, 2013.

Study on Difference of Growth of Hydroponic Gherkins in Micro Greenhouse at Night

Yi-Xuan Wu, Yi Yao

Advisor: Chung-Liang Chang

Abstract

This special study aims to observe the difference in growth responses during the cultivation of hydroponic gherkins at night with LED micro-filling light. The ratio of fill light is blue light (32%); green light (16%); red Light (52%), cultivation environment conditions are day and night temperatures of $27\pm 3^{\circ}\text{C}$ and $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ in summer, $24\pm 3^{\circ}\text{C}$ and $19\pm 2^{\circ}\text{C}$ in winter and night, and humidity between $70\pm 8\%$. Between the nutrient solution oxygen content $9 \pm 1\text{mg/L}$. The results of the study showed that there was a significant difference in the number of flowering of the cucumbers at night, and there was no significant difference between the others.

Keywords: Plant Workshop, Gherkins, Light Emitting Diodes, Hydroponic cultivation.

微流體晶片及系統裝置應用於甲醛分析

學生姓名：王義中 周樵立

指導老師：傅龍明 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究利用微流體系統，將傳統 AHMT 分光法檢測甲醛整合至微流體晶片中，晶片選用 PMMA 由 CO₂ 雷射機台加工，檢測部分利用微型光譜儀取代傳統大型分光光度計。與傳統分光法比較起來，具有檢測機台微小化、檢測速度快、檢測步驟簡單、減少待測樣品量優勢。最後利用微型光譜儀檢測晶片，改良出更具效能晶片，並找出製作晶片最佳良率。

關鍵字：甲醛、微流體晶片、PMMA、CO₂

雷射、微形光譜儀。

一、引言

食品安全問題一直是我們平時就在注意的地方，有些不肖廠商不當的在食品中添加甲醛來延長保存期限使外觀更鮮美，而甲醛是禁止添加在食品中的化學藥物。例如 2009 年農產加工廠的，被驗出添加禁用的工業用防腐劑甲醛[1]，2016 年市售生鮮蝦子經食藥屬檢驗出漂白劑二氧化硫超標、致癌甲醛和禁用抗生素[2]。當食安問題被報導出來後，往往消費者早已深受其害。而在檢測程序往往需要經過五到七天的工作天才能拿到檢驗報告，如果可以降低檢驗時間和減少藥劑用量，隨時隨地檢測，只需要花幾個小時就能初步得知食品中是否有超出法令規定或是非法添加物。

1.1 甲醛

甲醛 (Formaldehyde) 別名「蟻醛」，由碳氫氧組成，沸點溫度為 19.5 °C，在一般壓

力室溫的情況下為氣體狀態，呈透明且對嗅覺帶有刺激性的味道，在室溫下容易揮發，揮發速度會隨著加熱溫度的變化隨之加快。甲醛一般使用於工業生產中，是製造油漆、合成樹脂、人造板、塑膠及人造纖維工業製造使用於黏著劑的重要原料，醫療方面則常被使用於浸泡病理切片、動物及人體標本。由於甲醛的防腐功能非常優異，也常被不當業者使用在食品添加物，作為漂白及保鮮的功能，使食品更加美觀及延長保存期限。甲醛對人體健康的影響主要表現在過敏、刺激性、嗅覺、免疫功能異常及肺功能異常等方面。甲醛對人體黏膜和皮膚有著強烈的刺激反應，可使細胞中的蛋白質凝固變狀，細胞機能無法運作，長時間吸入低濃度甲醛會引起慢性呼吸道症狀，引起結腸癌、腦瘤、鼻咽癌。在 2004 年國際癌症研究署 (IARC) 將甲醛列入為人類第一類致癌物[3]。

1.2 微機電系統

微機電系統 (Micro-Electro-Mechanical-System) 根源於 1960 年代中期利用半導體製程製造機械結構於矽晶片上的概念，到了 1970 年代中期，利用該技術製造結合機械和電子元件的半導體感測器，成功地被開發。而 1980 年代以來，半導體工業興起，使得大量商品得以縮小化、智慧化，而微機電技術的成功發展，漸漸的許多的微感測器與微致動器也隨之產生。其定義為一個智慧型微小化的系統包含感測、處理或致動的功能，包含電子、機械、光學、化學、生物、磁學或其他性質整合到一個單一或

多晶片上。其應用領域極為廣泛，包括電機、電子、機械、材料、生化、自動化、資訊與通訊、航太工業等行業。而一般對於微機電系統具備的特性及優點有微小化、多功能化、陣列化以及量化等優勢。

1.3 微流體晶片

微流體晶片的起源和發展是由於微機電系統 (Micro Electro Mechanical System, MEMS) 技術進步迅速，目前全世界已將兩者發展成整合型科技。在 1990 年 Manz 等人[4]率先提出微型全程分析系統 (Micro Total Analysis System, μ -TAS) 的基礎概念，利用微機電系統將所有功能集結於一塊微晶片上，達到與大型儀器相同效果的分析與檢測能力，經常被使用於生物化學、食品化學、藥物發明、環境偵測、醫療檢測。在 2002 年學者 Chang[5]提出了微流體晶片，又稱為微型實驗室晶片 (Lab-On-a-Chip)，利用微電子加工技術，在微流體晶片上製作出微米等級的管道、閥門、幫浦，將控制流體及偵測器整合於一塊晶片上。

1.4 CO₂ 雷射加工應用於 PMMA

雷射(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)即是利用電壓或電流通過光學的共振原理，經由活性的介質激發製造出一個單色的高同調性之狹窄光束，這光束可以能精確聚焦於透視鏡的中心點上。近十年來有許多學者證實了利用雷射進行微加工技術在矽晶圓、石英、玻璃、塑膠，聚二甲基矽氧烷 (Polydimethylsiloxane, PDMS)、聚碳酸酯 (Polycarbonate, PC) 或聚甲基丙烯酸甲酯 (Polymethyl- Methacrylat, PMMA) 製作出微管道。

CO₂ 雷射是一種氣體雷射，波長 $\lambda=10.6\mu\text{m}$ ，並依據分子震動能及之間的躍遷發光[6,7]，在雷射加工中是屬於光熱反應。光能撞擊表面原子，將能量傳送到原子。當接受能量後的原子本身電子產生瞬間熱震動的能量超過原子間

鍵能時，則會形成斷鍵。如 PMMA 則會斷鍵成 MMA。斷鍵分子的體積快速膨脹，由固態瞬間轉換成氣態，變成粉狀物脫離材料表面。

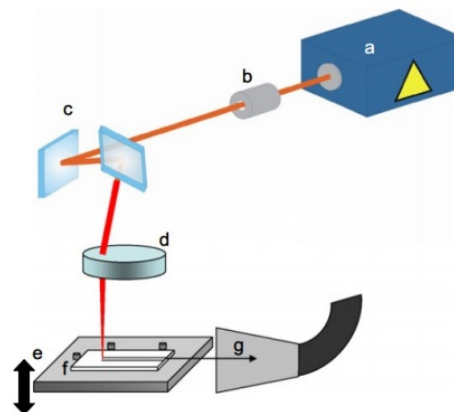


Fig.(1) CO₂ 雷射示意圖[8]



Fig.(2) 微流管道示意圖[8]

1.5 研究動機及目的

近年來食安問題層出不窮，相信在過去部分食品內一定含有超標甚至非法的食品添加物，而傳統檢測方式通常非常複雜，操作時間長，需要專業人員長時間操作。傳統檢測法自動化儀器也非常昂貴而且體積龐大，購置成本高。所以檢測成本高，收費也難有效降低。

本實驗室研發的檢測機台，利用機電整合技術將傳統檢測方法整合，使檢測機台微小化、檢測方法簡單化，相對於傳統法而言較省時，非常適合快速自主檢驗。

二、研究內容與方法

2.1 實驗架構

實驗架構主要分為兩大部分，機台的設計功能實踐以及甲醛的檢測法，而檢測方法在分為傳統分光法和晶片法。

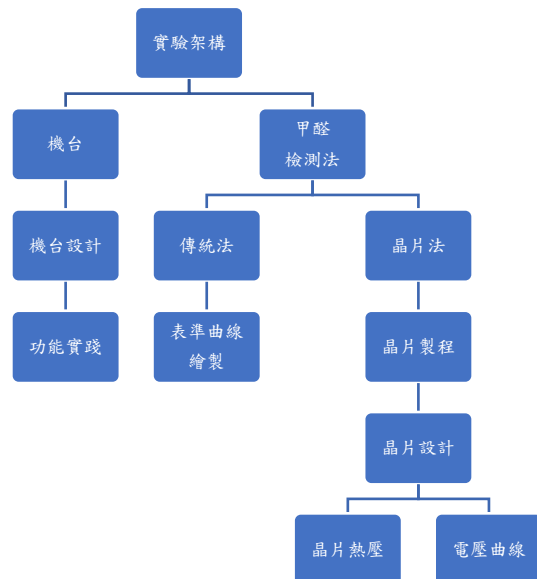


Fig.(3) 實驗架構圖

2.2 機台設計

機台分為八大系統—供電、控制、檢測、夾爪、進液、加熱、溫度、軟體，由這些系統整合到機台。

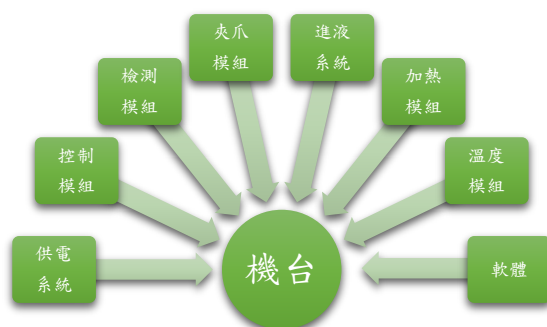


Fig.(4) 機台架構圖

2.2.1 供電系統

電源供應器(RS-15-12): 將 AC110v 轉為 DC12v, 供應工作電壓為 12v 之機台元件。

降壓模組: 將由電源供應器提供之 DC12v 降壓至 DC5v。

2.2.2 控制模組

控制器(Raspberry Pi 3 B+): 中央處理器用於撰寫程式，控制機台全部元件。

人機介面(Official Raspberry Pi 7"

Touchscreen Display): 用於電腦之間建立聯繫、交換信息的輸入／輸出設備的介面。



Fig.(5) 樹莓派控制板與人機介面

2.2.3 檢測模組

微型光譜儀掌中光 MEMS

(RLS-1000,Rainbow-Light): 選用波長範圍 300~1100nm 可見光微型光譜儀，量測白光 LED 經過樣品後的吸光值。

LED 燈: 選用可見之白光 LED 做為檢測光光源。



Fig.(6) 微型光譜儀

2.2.4 夾爪模組

無油式真空幫浦(DC-12VD): 供給螺牙缸 2.5kgf/cm² 壓力以達到防止晶片滑動功能。

螺牙缸: 晶片與配氣頭緊密固定的機構。

2.2.5 進液模組

無油式真空幫浦(DC-3V)：供給配氣塊壓力由晶片上閥門之控制。

2.2.6 加熱模組

加熱片：尺寸小方便放入機台。

2.2.7 溫度模組

溫度模組(Max31855)：接收晶片加熱區的溫度訊號，將溫度訊號回傳給樹莓派。

2.2.8 軟體控制

作業系統：使用 Windows 10 IOT 撰寫程式。

2.2.9 機台架構

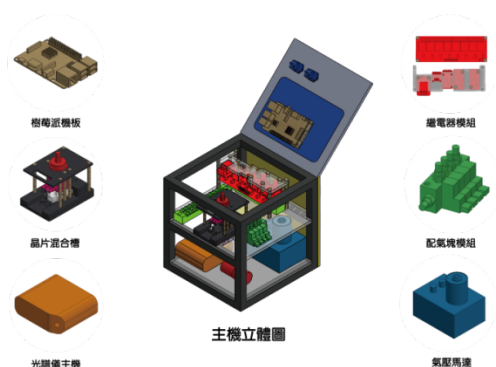


Fig.(7) 主機立體圖

2.3 甲醛檢測法

環境中甲醛的濃度檢測方法有很多種，包括分光光度法、比色法、螢光檢測法、紅外線光譜法、氣相層析法及高效液相層析法。而最常見的方法就是分光光度法。

分光光度法主要特定的波長範圍有近紅外線、近紫外線及可見光。分光光度法是將不同波段的光分散成各個單一光，而每個單一光依序射入檢測液體，測得液體對特定光波的吸光度，製出吸收光譜。

2.3.1 傳統法(AHMT)

本實驗遵循衛福部食藥署公告於中華民國九十年四月二十七日，衛署食字第 0900025822 號的「食品中甲醛之檢驗方法（二）」，作為實驗的配藥及檢驗方法。[9]。

2.3.1.1 配藥方法

1. 甲醛標準溶液：精確量取 37 % 甲醛 270 μl ，以去離子水稀釋使成 10 ml，作為標準溶液，其甲醛 (CH_2O) 濃度相當於 10000 ppm。
2. 5 M 氫氧化鉀溶液：精確秤取氫氧化鉀 28 g，以去離子水溶解使成 100 ml。
3. 0.2 M 氫氧化鉀溶液：量取 5 M 氫氧化鉀溶液 4 ml，加去離子水使成 100 mL。
4. 0.5 M 鹽酸溶液：精確量取鹽酸 4.2 ml，徐徐加入去離子水至 80 ml，冷卻後再加去離子水使成 100 ml。
5. AHMT 溶液：精確秤取 AHMT 0.5 g，以 0.5 M 鹽酸溶液 100 ml 溶解，貯存於暗處。
6. 過碘酸鉀溶液：精確秤取過碘酸鉀 0.75 g，加入 0.2 M 氫氧化鉀溶液使成 100 ml，於熱水浴中溶解。
7. 20% 磷酸溶液：精確量取磷酸 23.5 ml，再加入去離子水稀釋使成 100 ml。

2.3.1.2 甲醛標準曲線繪製

標準曲線至少包括五種不同濃度（不包含空白試劑），AHMT 檢測法最低定量極限為 0.2ppm，於是將甲醛標準溶液稀釋成 0.1、0.4、1、2、4、8 ppm 各取 0.3ml，分置於六支微量離心管中，各加入 5 M 氫氧化鉀溶液 0.3 ml 與 AHMT 溶液 0.3ml，使用試管振盪機均勻混合後，於室溫下放置 20 分鐘，分別加入過碘酸鉀 0.3ml，振盪混合至不再產生氣泡，將標準液倒入石英比色槽中，並以分光光度計在波長 550nm 處測定其不同濃度下的吸光值，將測得吸光值與對應之甲醛濃度 (ppm) 繪製出標準曲線，並計算出趨勢線之線性方程式。

2.3.2 晶片法

微流道蒸餾晶片是選用 PMMA 作為雷射加工的基材，PMMA 具有高透明度、雷射加

工容易、價格較低廉、重量較輕。晶片是採用拋棄式的設計方式，用完即丟，可避免晶片因未清洗乾淨，導致下次實驗時，晶片內部少量樣品殘留，而造成實驗誤差。

2.3.2.1 晶片製程



Fig.(8) 晶片製程圖

Step1：微管道雷射雕刻。以 Auto CAD 繪製晶片之外框、微管道後傳至雷射雕刻機做第一次雷射。

Step2：粉塵清理。晶片在雷射雕刻後會在表面上殘留粉塵，為了使晶片表面沒有刮痕及粉塵的產生，使用擦拭紙及揮發性較快的酒精，並在擦拭過後用氣槍將微管道及表面的紙屑清除。

Step3：晶片接合熱壓。將晶片組合並使用熱壓機進行晶片的接合。

- 1.熱壓機溫度 $55^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 之間使用壓力 20 kg/cm^2 進行熱壓。
- 2.熱壓機溫度超過 100°C 時先洩壓後再二次加壓至 30 kg/cm^2 並計時 20 分鐘。
- 3.計時結束後開啟水冷降溫至 55°C 。

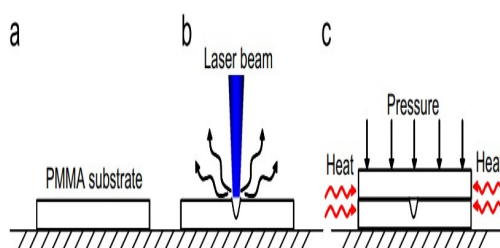


Fig.(9) CO₂ 雷射與封裝[10]

Step4：晶片對位雷射雕刻。熱壓後晶片須使用紙膠帶保護檢測區，以避免雷射時遭到汙染，在進行外型雷射。

Step5：晶片擦拭。對位雷射後進行最後清潔

避免產生檢測數值不良。

2.3.2.2 晶片設計

第一代：使用 AHMT 法檢測甲醛，所需要混合試劑有 KOH、AHMT、KIO₄，故需要三格試劑槽及一格樣品槽。

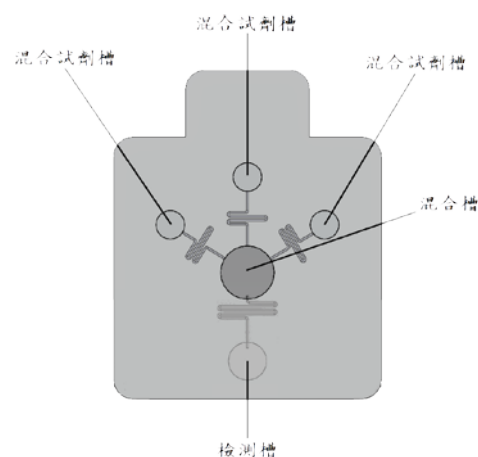


Fig.(10) 第一代晶片

第二代：第一代晶片數據偏差值過大，考慮到檢測區內部壓力會影響液面高度，故增設緩衝區，使液面高度均等。

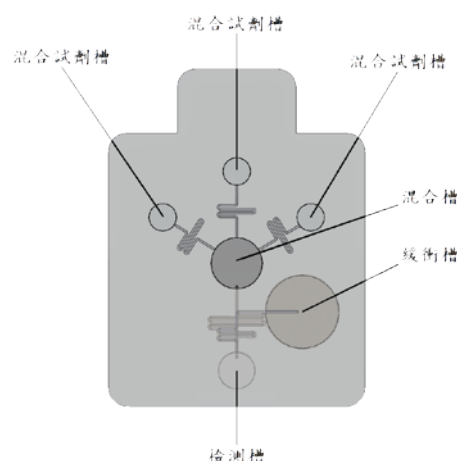


Fig.(11) 第二代晶片

第三代：第二代晶片在檢測時，因緩衝壓力分佈不均，有氣泡產生影響數值，為了使壓力分佈較於均等，故將緩衝區增加數量並平均分佈於檢測區四周。

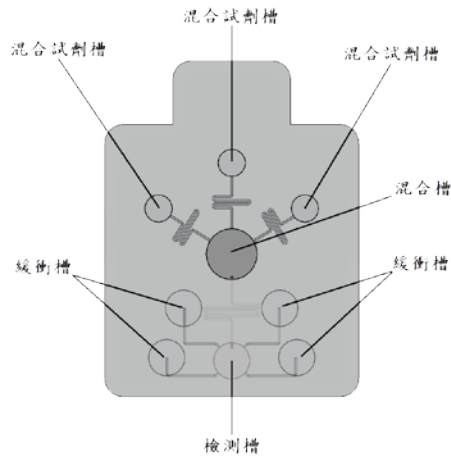


Fig.(12) 第三代晶片

2.3.2.3 晶片使用與說明

混合試劑槽：將要混合的試劑加入此試劑槽，

容許液量再 $25\mu\text{l}$ ~ $30\mu\text{l}$ 之間，否則會造成液體倒沖或無法推入等問題。

混合槽：將樣品加入混合槽內混合，容許液量

不得大於 $150\mu\text{l}$ ，否則會造成液體倒沖。

緩衝槽：用於分配檢測槽的內部壓力，過多的液體也會留至緩衝區。

檢測槽：用於檢測之用，將混合槽裡的溶液加壓進到檢測槽中進行檢測，液量需要達 $120\mu\text{l}$ 以上才可以推滿檢測槽。

三、結果與討論

3.1 傳統法標準曲線

分別使用甲醛標準溶液稀釋成 0.1、0.4、1、2、4、8 ppm 用來繪製標準曲線，用來證實衛福部食藥署「食品中甲醛之檢驗方法(二)」的可行性。

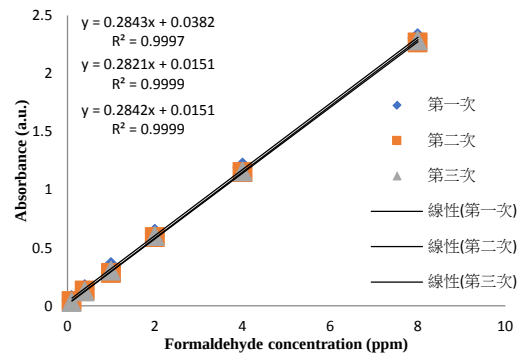


Fig.(13) 傳統法標準曲線

3.2 晶片法

分別使用甲醛標準溶液稀釋成 1、2、4、8、10ppm 用來繪製標準曲線，證實 AHMT 法運用於晶片及機台檢測的可行性。

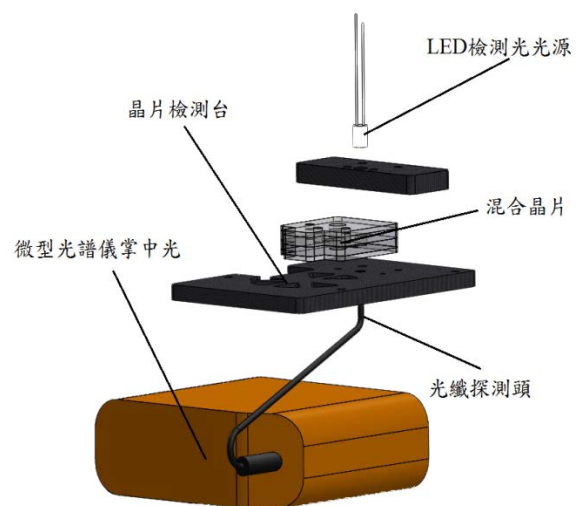


Fig.(14) 機台檢測原理

3.2.1 第一代晶片



Fig.(15) 第一代晶片實體圖

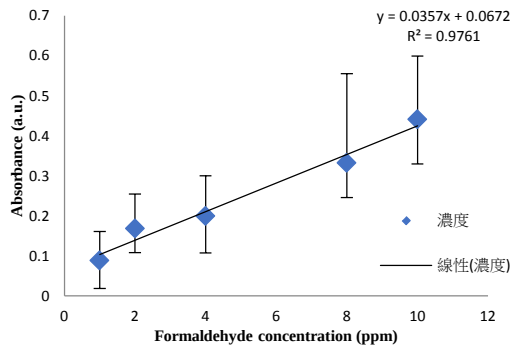


Fig.(16) 第一代晶片法標準曲線

由 Fig.(16)數據得知偏差值過大，結果討論發現是因為內部壓力而導致液面高度在檢測時不均等，影響數值的正確性。



Fig.(17) 第一代晶片上試圖與側視圖

由 Fig.(17)得知，確實檢測槽在檢測時檢測液未充滿檢測區，造成數據上的偏差。

3.2.2 第二代晶片



Fig.(18) 第二代晶片實體圖

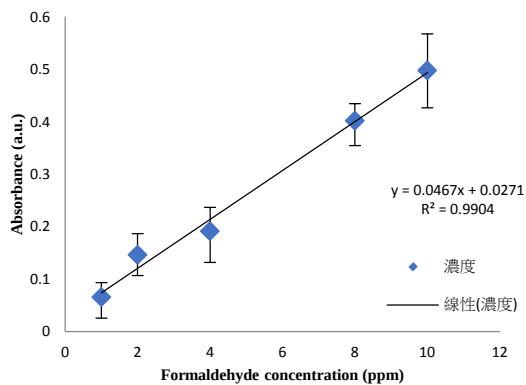


Fig.(19) 第二代晶片法標準曲線

由 Fig.(19)數據得知偏差值得到些微的改善，但是有些數值的偏差還是過大，瞭解原因並觀察檢測槽。



Fig.(20) 第二代晶片上視圖與側視圖

由 Fig.(20)得知，檢測槽有氣泡產生。氣泡的產生數值造成偏差，改善氣泡問題，設計出第三代晶片。

3.2.3 第三代晶片



Fig.(21) 第三代晶片實體圖

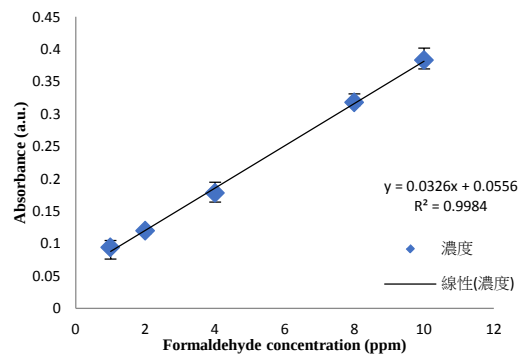


Fig.(22) 第三代晶片法標準曲線

由 Fig.(22)數據得知偏差值的問題得到大幅的改善。



Fig.(23) 第三代晶片上視圖與側視圖

由 Fig.(23)得知，第三代晶片在檢測時液面高度與氣泡的問題得到改善。

3.3 晶片熱壓

熱壓晶片時，晶片的良率不佳常有牛頓環及透鏡產生，因此對於熱壓參數進行良率的實驗，分別以 94℃、96℃、98℃、100℃、102℃ 五種溫度參數進行良率及透鏡的影響。

3.3.1 熱壓良率與結果

熱壓溫度低於 96℃ 時因為熱壓溫度不足產生大量牛頓環，良率極低無法使用；熱壓溫度大於 100℃ 時再檢測區發現有透鏡產生。最後選擇 98℃ 作為最佳熱壓數據。

3.4 電壓曲線

研究白光 LED 電壓是否對解析值及吸光值造成影響。

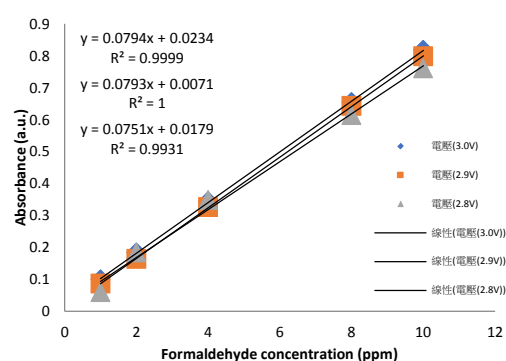


Fig.(24) 電壓曲線數據

由 Fig.(24)得知，LED 電壓在 2.8v~3.0v 中解析度及線性值都無明顯差異性，只有低電壓吸光率會受到影響，故 LED 電壓對檢測沒有影響。

四、 結論

本實驗所設計之微流體混合晶片檢測系統，是將傳統的混合與檢測整合到微流體晶片上達到 Lab on a chip 觀念，進行系統微小化，包含混合系統、檢測系統及控制系統，達到將傳統複雜的實驗儀器縮減至可攜式。微流體混合晶片是以 PMMA 作為基材，利用 CO₂ 雷射加工成型，採用拋棄式的設計，隨用即丟，可避免樣品殘留，造成實驗誤差。

第一代晶片設計的測試結果得知 AHMT 法在晶片的可行性，但是數據起伏不穩固無法

作為檢測使用。並設計出了第二種晶片，加上了緩衝槽的設計，但是因為壓力不平均而導致有氣泡的產生，檢測時須確實將檢測槽推滿才有較佳的數據。最後設計出了第三代晶片以改善檢測槽壓力不均所產生氣泡的問題，最後由數據得知改善了氣泡的問題。由於熱壓良率極低所以我們測試了五種溫度做比較，最後選擇了 98℃ 當作最佳熱壓數據，已提升晶片的生產良率。

致謝

這一年在實驗室裡可以說是相充實，培養大家這期間碰到的實驗問題以及解決能力，原本不是化學背景的我們一開始連配藥都不懂，還好有駿瑩學長的細心教導，讓我們漸漸了解實驗的方向，也感謝建巨學長以自我學習的態度教導我們蒐集資料、整理資料、撰寫論文的技巧。最後要感謝指導老師傅龍明 教授，給我們專題生這麼好的實驗環境，讓我們有學習成長的機會。

五、 參考文獻

1. 自由時報。2009。工業防腐劑福馬林菜脯。衛生福利部食品藥物管理署。網址：<https://web.archive.org/web/20090526121023/http://www.libertytimes.com.tw/2009/new/may/21/today-life6.htm>。上網日期：2018-05-23
2. 蘋果日報。2016。蝦子含超標二氧化硫、禁藥，衛生福利部食品藥物管理署。網址：<https://tw.appledaily.com/new/realtim/e/20160126/783607/>。上網日期：2018-05-23
3. 吳耀庭。2007。微型甲醛氣體感測器感測性能之研究，碩士論文，國立屏東科技大學。

4. Manz, A. N., Graber N., and Widmer H. M., 1990, Miniaturized total chemical analysis: A novel concept for chemical sensing, *Sensors and Actuators B* 1, pp. 244-248.
5. 張志誠。2002。微機電技術，商周出版社。256 頁。
6. Breck Hitz, J.J. Ewing, Jeff Hecht. Introduction to laser technology 2001, New York: IEEE Press.
7. Oakley, R.C. Crafer and P.J., Laser processing in manufacturing 1993, London: Chapman & Hall.
8. Snakenborg, D., Klank, H., & Kutter, J. P. (2004). Microstructure fabrication with a CO₂ laser system. *Journal of Micromechanics and microengineering*, 14(2), 182.
9. 衛生福利部食品藥物管理署。2001。衛署食字第 0900025822 號的「食品中甲醛之檢驗方法（二）」。
10. Romoli, L., Tantussi, G., & Dini, G. (2011). Experimental approach to the laser machining of PMMA substrates for the fabrication of microfluidic devices. *Optics and Lasers in Engineering*, 49(3), 419-427.

Formaldehyde Detection System Utilizing Microfluidic chip

student: Wang, Yi-Zhong. Chou, Chiao-Li

Advisor: Lung-Ming Fu, Ph.D.

Summary

In this research, the microfluidic system was used to integrate the traditional AHMT spectrophotometry method into the microfluidic chip. The chips are PMMA and they were processed by CO₂ laser machine. Regarding the detection part, we used the micro spectrometer to replace the traditional large spectrophotometer. However, our research found out the following advantages that are better than the traditional one. First, it can minimize the detection machine. Second, it can accelerate the detection. Moreover, our research not only can simplify the detection procedures but also can reduce the number of the samples that were used to testing. Finally, the microspectrometer was used to detect the chips, to improve the effective of the chips, and to find out the best way of manufacturing the chips.

Key words: formaldehyde, microfluidic chips, PMMA, CO₂ laser machine, microspectrometer

睡眠體溫感測

學生姓名：梁侑任、林建勳

指導老師：吳瑋特 老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

關鍵詞：體溫

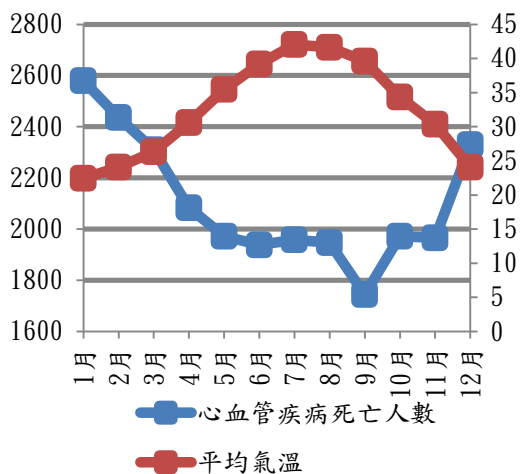
一、前言

寒流來襲就會凍死人？



圖 1 圖 2、每年寒流來襲低溫造成猝死人數增長

表 1



二、動機與目的

構想

因此我們希望可以製作出能夠在夜間量測使用者體溫，在使用者體溫過低或是離開床鋪的情況下傳送警訊手機的裝置。

在參考市面上具有體溫監測功能的產品後，我們決定採用非接觸式的方式量取體溫，希望可以更加方便使用，不用再貼具備測溫和通訊功能的貼紙或配戴類似的手錶、手環等，在不額外配戴設備的情況下更快、更方便的量取體溫，獲得更好的睡眠品質。

1. 尋找和量測體溫

用超音波測距確定量測位置

量測並記錄使用者睡眠體溫

2. 判斷使用者狀況

根據量測的溫度和距離來判斷使用者的體溫和位置

3. 紀錄和警報功能

紀錄人體溫度和錯誤訊息

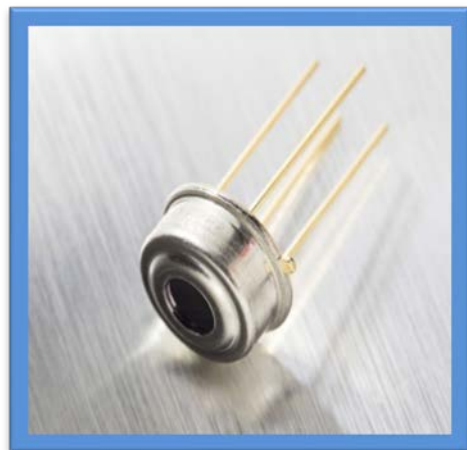
並由手機發出警訊

三、實驗設備

Arduino 和相關模組



圖 3、Arduino UNO R3



MLX90614 BAA 紅外溫度感測器



圖 4、MLX90614 BAA 紅外溫度感測器

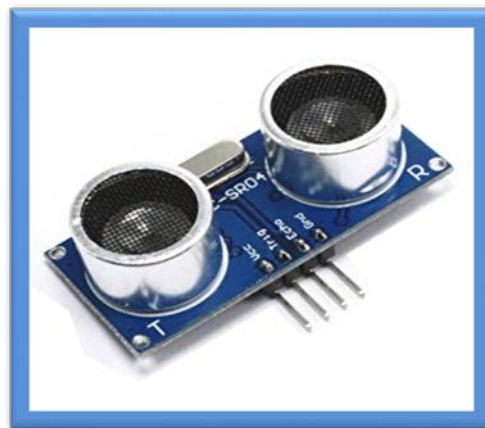


圖 5、HC-SR04 超音波感測器

表 2

MLX90614 BAA
紅外溫度感測器

環境溫度	-40 - +125
目標溫度	-70 - +350
供電電源	3V - 5V
量測角度	$\pm 0^\circ$
視 場	90°



圖 6、伺服馬達

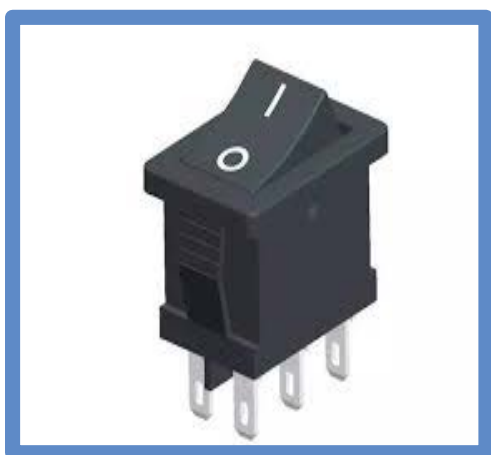


圖 7、翹板開關



圖 8、按鈕開關

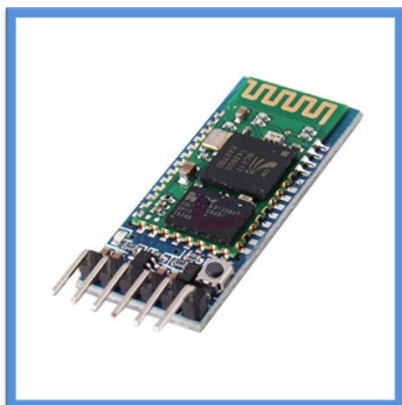


圖 9、HC-05 藍牙模組

四、實驗方法

設計與組裝過程

確定體溫量測位置



測試目標搜索功能



測試溫度感測模組



繪製和列印外殼



撰寫程式和開發 APP

確定體溫量測位置

量測的身體部位

考量到衣物、棉被等遮蔽物會對量測造成影響，和討論後將量測位置改為頭部並將感測器置於正上方。

量測位置的定位

考量到睡眠時頭部會因翻身等因素使感測器丟失目標，討論後使用超音波感測距模組搭配伺服馬達來尋找量測部位

測試目標搜索功能



圖 10、量測初始距離之示意圖



圖 11、目標移動後定位之示意圖

測試溫度感測模組

表 3

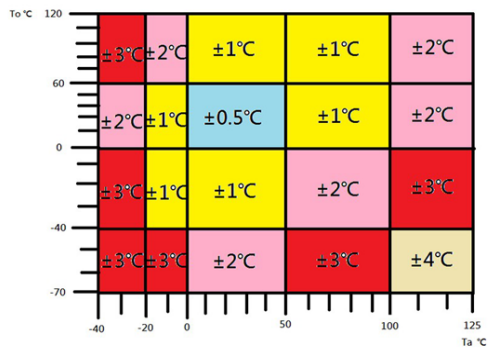
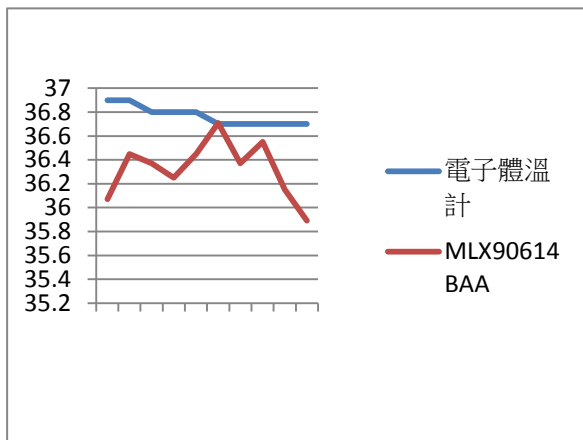


圖 12、MLX90614 BAA 誤差

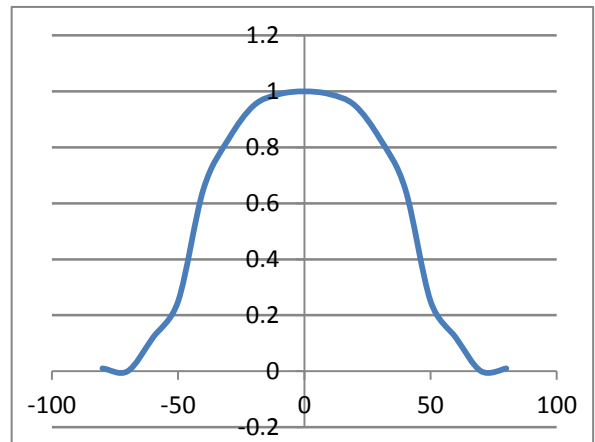
測試溫度感測模組

表 4 電子體溫計與 MLX90614 測得溫度比較



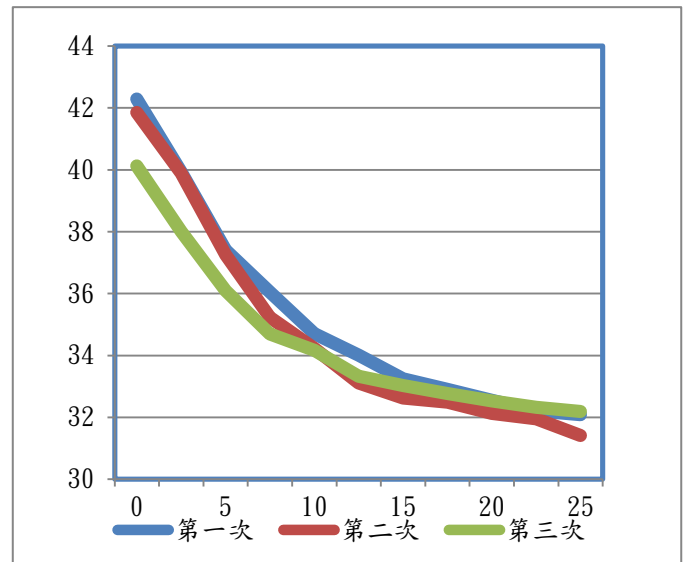
LMX90614 規格

表 5 MLX90614 視場與量測值關係



MLX90614 距離和溫度之關係

表 6 MLX90614 測得溫度與距離關係



繪製和列印外殼

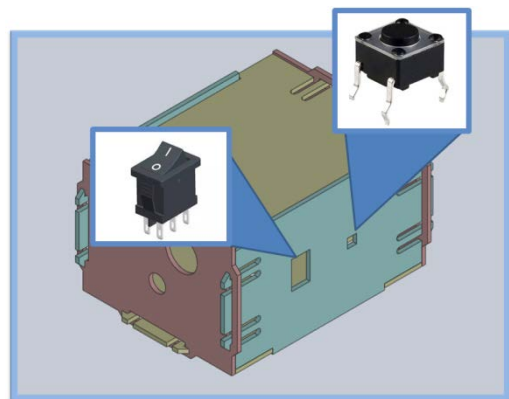


圖 13、裝置上半部外殼

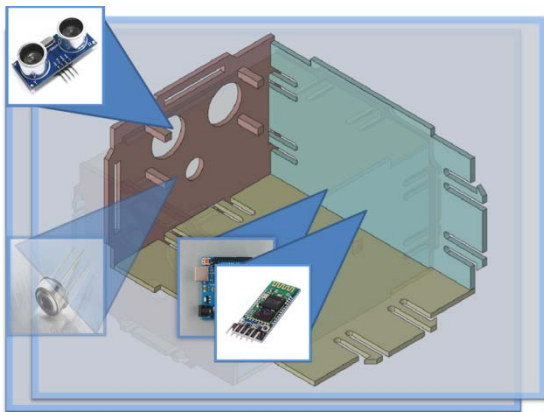


圖 14、裝置上半部內部

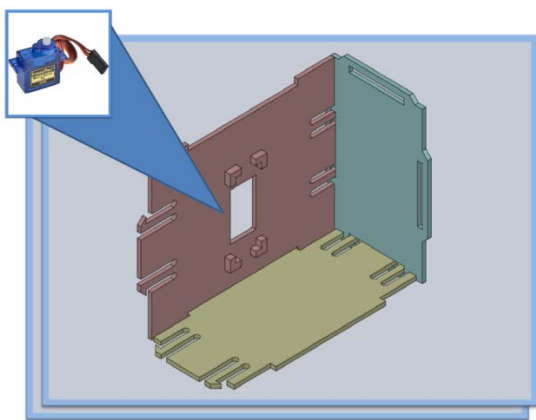


圖 15 圖 16、裝置上半部外殼與內部

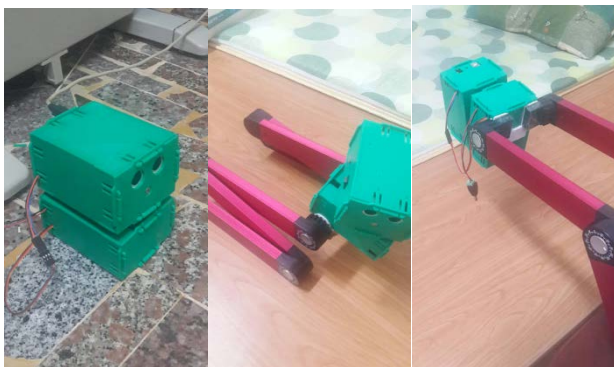


圖 17 圖 18 圖 19、裝置外觀和腳架

撰寫程式與開發 App

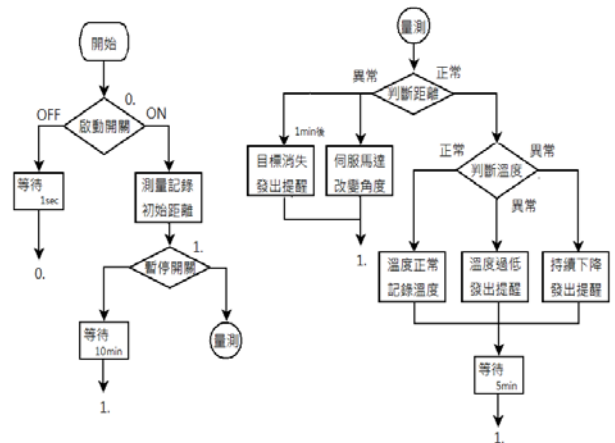


圖 20、Arduino 流程圖

App 功能展示

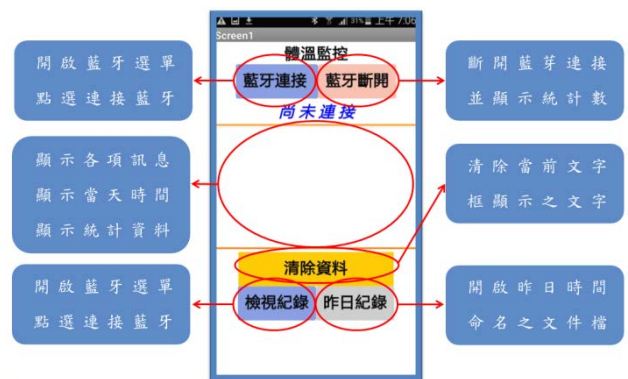


圖 21、App 畫面

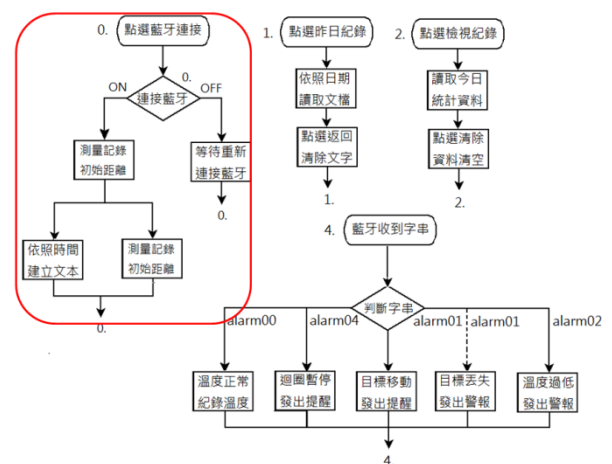


圖 22、App 流程圖



開啟藍牙選單後
點選需連接藍牙
裝置名稱進行配
對，完成後顯示
提示訊息並顯示
當前連接裝置之
名稱。

獲取日期並以該日
期建立文檔。

圖 23、App 畫面

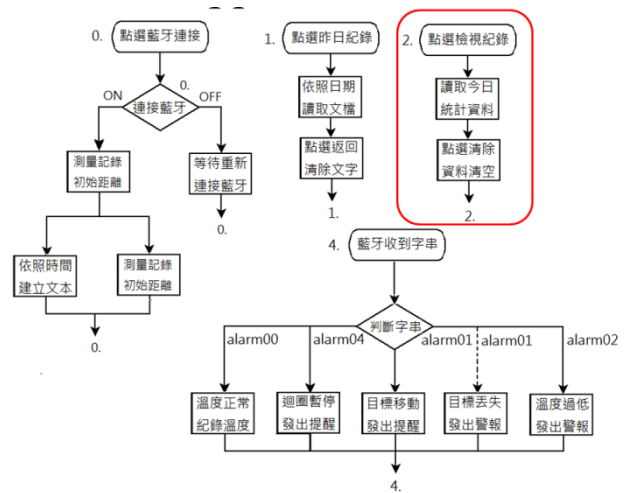


圖 22、App 流程圖

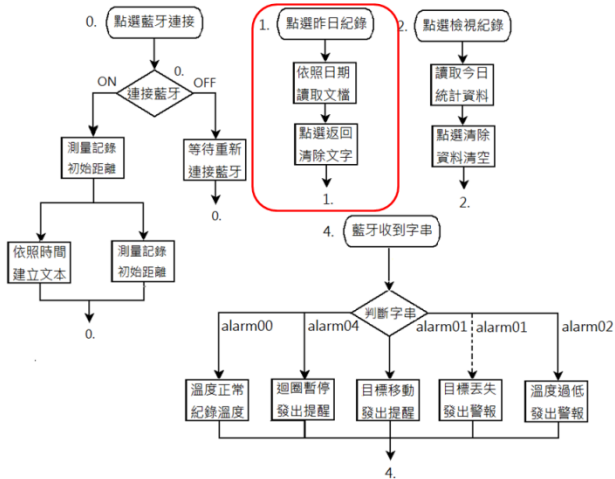
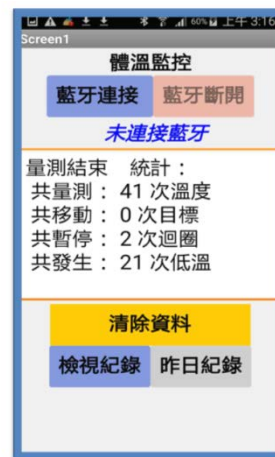


圖 22、App 流程圖



點選檢視紀錄後
讀取當日紀錄兵
將統計顯示在文
字框中。

點選清除資料清
空文字框中的訊
息。

圖 25、App 畫面



點選昨日紀錄切
換至昨日紀錄的
畫面，並且讀取
以昨日日期命名
之文檔。

點選返回後清空
畫面並返回主選
單。

圖 24、App 畫面

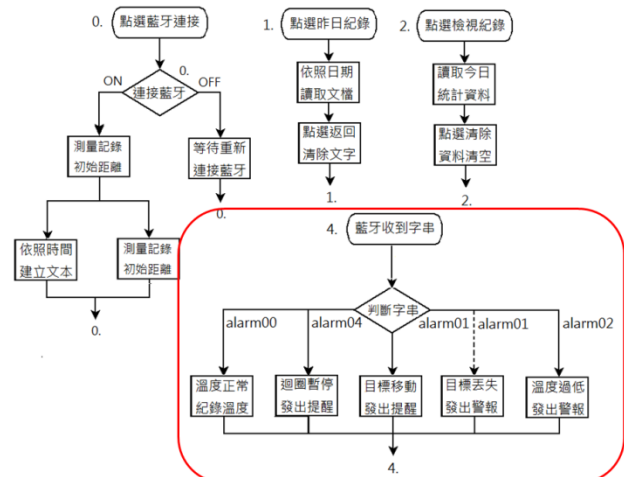


圖 22、App 流程圖



圖 26-30、App 畫面

五、實驗結果

實驗結果



圖 31-33、實際使用畫面

六、結論

結論

· 超音波測距模組(HC-SR04)

在獲取對枕頭、棉被等織物 的距離時無法量測出正確的數值，實驗中是採取放置一張白紙於枕頭上方來獲得需要的水平距離。

該模組視場為 15° ，在實驗的過程中會發生伺服馬達在對準目標前即判定完成的狀況，需要改寫判斷條件來減少該狀況發生。

· 紅外線溫度模組 (MLX90614 BAA)

該模組為系列中基本款，建議使用距離在 2-3CM，因此實驗改為在距離目標較近的情況下測試，若更換視場更小的模組或加裝光學鏡頭將可以達到更佳的效果。

七、未來展望

未來展望

將來可以加入體溫過高的警報實現發燒檢測的功能。

縮小外殼的體積，將 Arduino UNO 更換成 Arduino mini 可以再進一步縮小外殼體積。

搭配其他家庭設備調整室內溫度，提升睡眠品質。

搭配呼叫音效檔和自動撥打功能代替使用者在因體溫過底導致神智不清的情況下向外求救。

八、參考資料

1.超圖解 Arduino 互動設計入門 第二版 趙英傑著

2.App Inventor TW 中文學習網

(<http://www.appinventor.tw/>)

3.Melexis 該公司網站

(<https://www.melexis.com/en>)

4.台北市心血管疾病死亡變動分析.pdf

5.Google 圖片搜尋

(<http://www.google.com>)

6.S E T N · C O M三立新聞網

(<http://www.setn.com/News.aspx?NewsID=>)

九、致謝

在這一年的時間裡，我們要感謝吳瑋特老師和博淳學長，不時督促我們專題的進度，也會每次報告的時候都會教導我們哪裡需要再改進，而且是不厭其煩的一直重覆跟我們說，我們也要感謝其他組的專題生，如果遇到不會的問題，我們可以互相討論、互助，總能在這些意見交流中獲得啟發，如果沒有了你們，或許我們不會有今天的專題發表，在此致上十二萬分的感謝。

應用線性掃描於植株三維尺寸量測專題論文報告

作者：張森森 (B10444010)

曾靖雯 (B10444013)

陳郁涵 (B10444030)

指導老師：李副教授 文宗

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題應用線性掃描於植株三維尺寸量測，其架構可分為影像拍攝系統及控制系統兩部份。影像拍攝系統利用雷射投影單條紋光於待測物表面，再以攝影機取像，而控制系統以個人電腦作為主控端，透過 Arduino 及馬達驅動器，控制步進馬達帶動滑台拍攝植株。

程式利用 LabVIEW 2016、Vision Assistant 2016 撰寫及處理影像，可在人機介面端獲得即時資訊，方便進行改善、配置。透過拍攝系統取像後進行影像處理，並利用相位偏移法獲得資訊。

壹、引言

影像處理，指對圖像加以分析、加工及處理的技術，不僅用於攝影、醫學、衛星影像、工程及各項辨識系統，近年已廣泛應用於農業上，像用於果實的採收及收成後分級，此舉不但可節省大量人力，也能有更完善的依據於分級選別。

傳統量測植株高度多以量測工具做量測，例如：捲尺，之中可能會產生大量誤差及耗費大量時間。

幾何光學^[10]量測目前已應用於各產業生產線上，結合機械設備實施線上監控，配合自動化生產製造系統，以達到連續、即時量測的要求，在高溫惡劣之環境亦可量測，操作容易，量測範圍廣，對於提高生產力及增加產品附加價值居功至偉。

利用 CCD 攝影機與電腦做連結，並利用影像處理技術，可大幅減少誤差、人為疏失及人力、時間，也是此專題之目的。

一、單條紋光運用三角量測法^[14]：

單條紋光量測物體距離常見方法為使用三角量測法，過程先對雷射雷射之影像進行二值化、濾波，再分別求出雷射之重心，利用重心偏移位置計算出精準的高度值。

二、條紋光重心的能量中心提取法^[12]

對激光光束的光學分析，結構光光條紋的形成原理和灰度特性分析的基礎上發展形成的。其基本計算思路是求取光條紋橫截面上理想的光強高斯分

布曲線的灰度重心點或灰度極大值點作為光條紋的中心點，然後連接點得到光條紋中心點，作為光條紋中心線。

貳、研究內容與方法

一、研究內容

(一) 馬達儀控

利用 LabVIEW 2016 開發程式，以滑軌控制馬達前後移動，在滑台上裝載一顆 CCD 相機、鏡頭及單條紋雷射光，以便掃描植株及拍攝。

(二) 影像處理

拍攝照片會經由程式回傳至電腦，再利用 Vision Assistant 2016 進行二值化及影像分析，將圖片轉換成陣列，分析各線段重心值，儲存 Excel 檔案，測出植株實際高度，並製作出 3D 立體圖。

1、影像校正^[14]

利用一已知高度的正立方體，由單條紋光投影於上方，會發生偏移而產生兩線段，如圖 2-1 所示，利用兩線段的重心位置偏移（線段 AB），計算出偏移量與物體實際高度的比值關係，由此方法得知比值關係為此專題利用之 CCD 的比例因數^[9]。

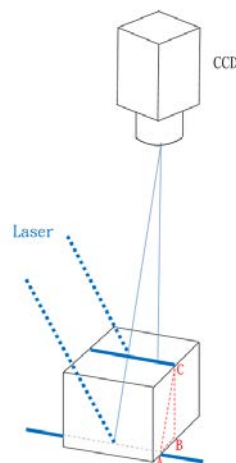


圖 2-1

2、三角量測法^[14]

單條紋光的高度換算利用三角幾何計算，以鏡

頭成像特性為基礎的幾何關係，來做物體厚度測量，即是利用三角幾何等比例的放大關係，將小位移信號放大，如圖 2-2 所示，由拍攝待測物之兩線段的重心位置偏移量與校正過後的 CCD 比例因數，經程式運算後，得知待測物實際高度。

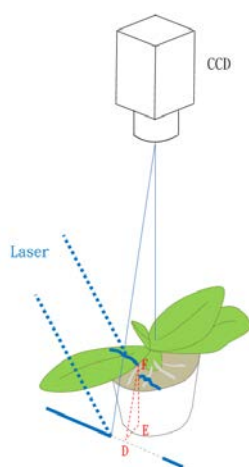


圖 2-2

3、條紋光重心提取^{[11][14]}

因條紋光本身具有寬度，當投射在物體上時，會因不同待測物的高度而導致條紋光的散射，依據條紋光在某一區間內灰度值的排列，沿座標取灰度重心來代表條紋光中心位置。該方法能夠減小由於條紋光灰度分布不對稱引起的誤差，主要誤差來自重心點的選擇，所以必須對條紋取得正確的條紋光重心位置，利用單條紋光的灰度值，以式 2-3-1 取得該重心位置。公式 2-3-1 中 X_g 、 Y_g 為重心座標值， X_i 、 Y_i 為條紋光座標， G_i 為條紋光上座標的灰度值。

$$X_g = \frac{\sum_{i=1}^n X_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (式 2-3-1)$$

$$Y_g = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}$$

4、研究架構：

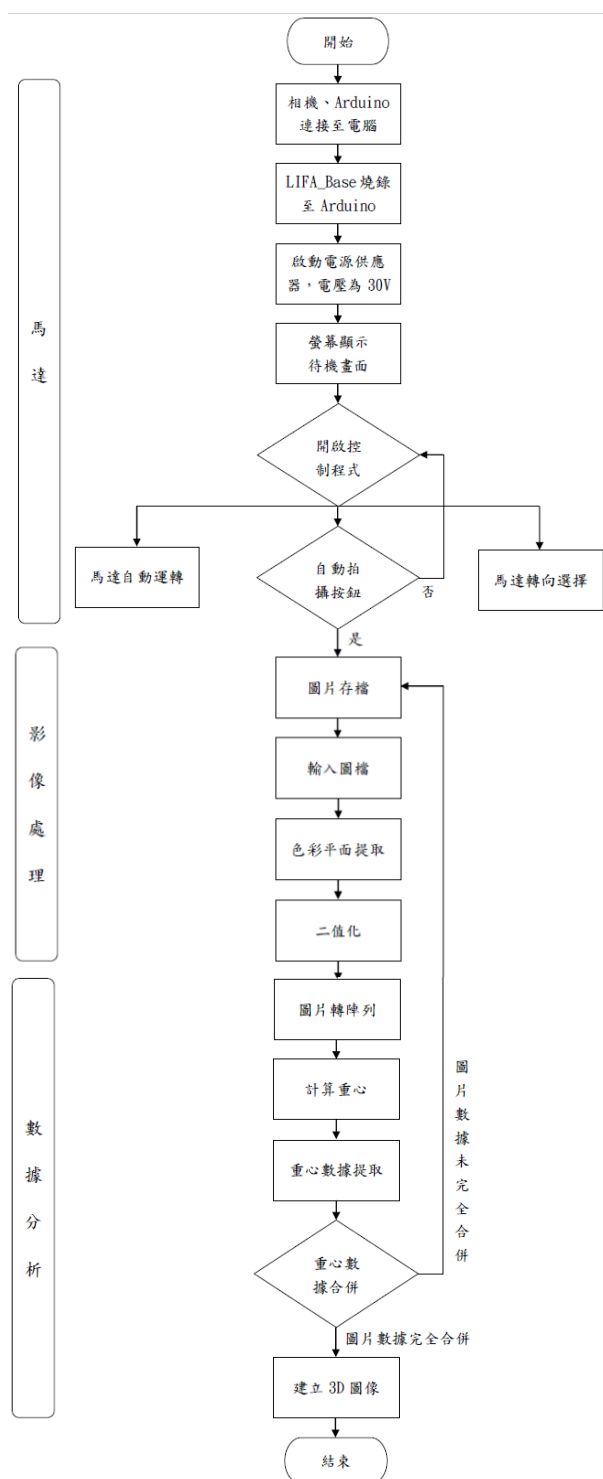


圖 2-2

二、實驗材料與方法

(一) 實驗樣本

以常見的植株及果實為量測對象，主要分為葉片密集或葉片分散兩種。

(二) 實驗設備

1、硬體設備

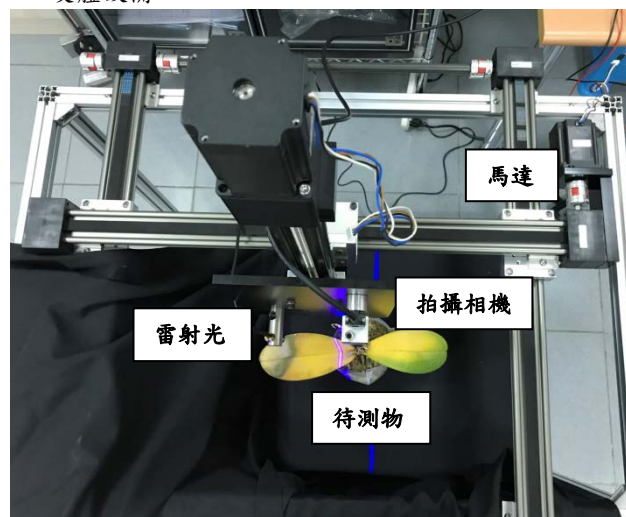


圖 2-3 整體配置

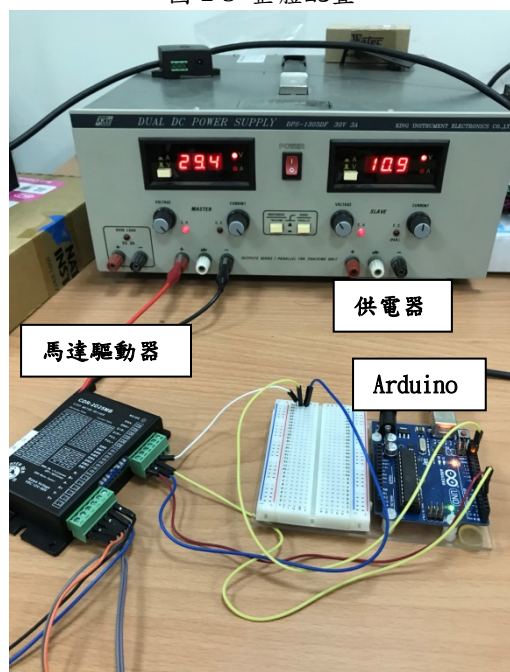


圖 2-4 馬達驅動器及供電設備

(1) 三軸龍門型滑台^[1]

(2) 步進馬達^[2]

表 2-1

型號	drylin®直線滑軌步進馬達 NEMA23
額定電壓	24-48 VDC
步進角	1.8°
工作電壓	5 VDC

(3) 馬達驅動器^[3]

表 2-2

型號	CDR-2D25MB
入力電流	DC12~50V

驅動方式	定電流雙極性驅動
驅動電流	0.3~2.5A/相，共 8 個選擇
最大脈波速度	2 Mpps

(4) 電源供應器 (DPS-1303DF)

(5) Arduino 板 (UNO)

(6) 相機 CCD (BASLER acA2440-75uc)

表 2-3

型號	BASLER acA2440-75uc
解析度	2448×2048(H×V pixels)
接頭形式	VGA
每幀速率	75 幀/秒

(7) 鏡頭 (C125-0618-5M)

表 2-4

型號	C125-0618-5M
焦距	6.0 mm
光圈	F1.8 - F22.0

(8) 雷射光

(9) 電腦 (DELL OPTIPLEX 7020)

2、軟體部分

(1) 程式設計—LabVIEW 2016^[5]

LabVIEW 可運用圖形化程式設計方式，協助我們具體呈現應用領域的各個面向，包括硬體設定、量測資料與除錯。與其他文字式程式語言不同，透過單一開發環境，簡化初階的複雜細節並利用卓越的技術整合出必要模組的溝通系統，進一步提高生產力。

(2) 影像分析—Vision Assistant 2016^{[6][7]}

透過它擷取影像、建立影像處理流程，進行一些基本的影像處理或實驗，讓我們能夠快速完成影像原型的開發，它還能幫我們計算影像處理流程所花費的時間，甚至最後還能產生程式碼和 Excel 報表。

(3) 馬達傳輸—Arduino

Arduino 是一款基於簡單易用的硬件和軟件的開源電子平台。Arduino 板能夠讀取輸入 - 傳感器上的光線，按鈕上的手指或 Twitter 消息 - 並將其變成輸出 - 激活電機，打開 LED，在線發佈內容。您可以通過向電路板上的微控制器發送一組指令來告訴電路板該做什麼。為此，您使用的 Arduino 編程語言（基於佈線）和 Arduino 的軟件 (IDE) 的基礎上處理。

(4) 數值分析—Microsoft Excel 2010

3、實驗方法

(1) 先將待測物置於距鏡頭適當距離之平板上，並將雷射光投射於待測物上，將 Arduino 寫入 LIFA_Base，再由馬達驅動器及 LabVIEW 控制步進馬達，使馬達能前後移動，在移動過程中，每前進（後退）1 公分即拍攝一張照片，並回傳至電腦。

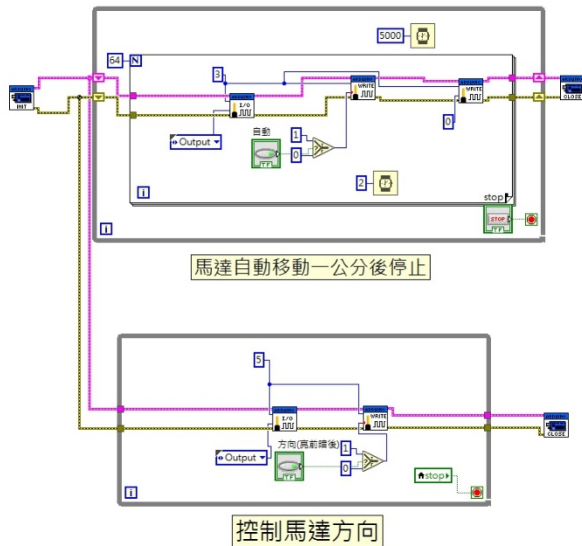


圖 2-5 馬達程式

(2)開啟圖片並利用 Vision Assistant 做影像處理，本專題使用相機為彩色相機，因 Vision Assistant 在最後階段需運用 1 位元的圖檔作分析，所以必須先將彩色影像（32 位元）轉成灰階（8 位元），再進行二值化處理，所謂的二值化是將影像進行區分，分成我們感興趣的部分(前景)，以及不感興趣的部分(背景)，通常將某個強度當作分割的標準，這個強度稱作閾值(threshold)，通常以強度超過閾值的像素當作前景，反之則為背景。再經由二值化處理後的影像轉為 1 位元，存成 Excel 檔以利分析。

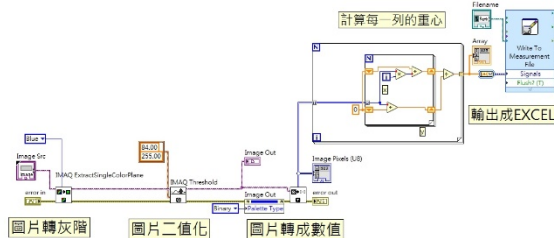


圖 2-6 影像處理

(3)經影像處理後，進行 CCD 比例因數運算。在運算時，我們先將圖片轉為陣列，分析出雷射光的重心值，與事先拍攝好的校正用方塊（已知高度），得知比例因數後進行運算，得出待測物實際高度。

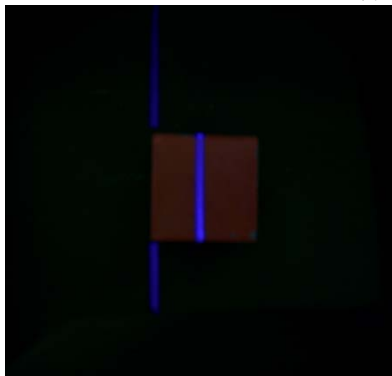
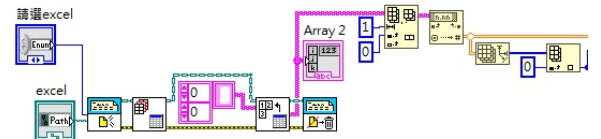


圖 2-7 校正方塊



從儲存的excel內讀取數值分析

圖 2-8 從儲存的 Excel 內讀取數值並分析
(4) 計算出待測物高度後，利用 3D Surface 投影成 3D 圖像，以利觀察。

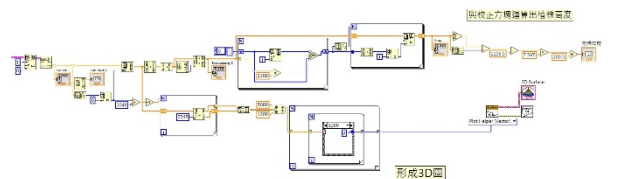


圖 2-9 計算高度並輸出 3D 影像

4、總程式介紹

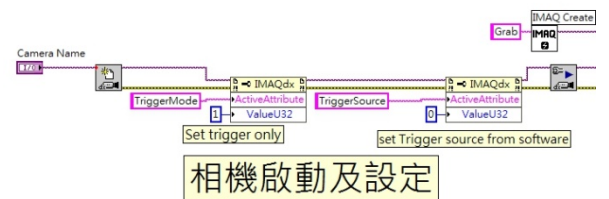


圖 2-10

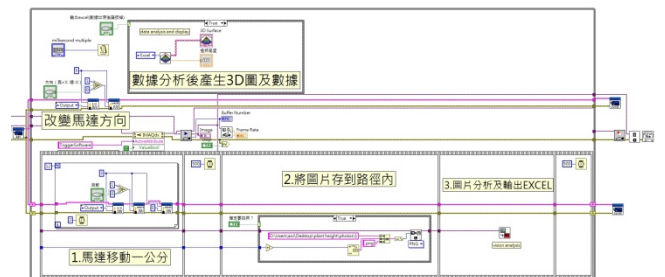


圖 2-11

參、結果與討論

在實驗中，我們挑選了許多植株做拍攝，遇到枝葉較密集的植株，會影響 3D 成像，使其辨識度下降；反之，枝葉較分散的植株在 3D 成像會較明顯，也能較清楚看出枝葉分布。

(一) 拍攝數據：

1、朱蕉



圖 3-1 朱蕉

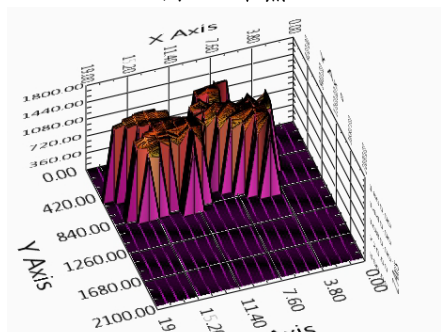


圖 3-2 偏移一公分朱蕉 3D 成像 (單位: Pixel)

表 3-1 朱蕉量測數據 (單位: cm)

滑軌偏移 1 公分					
品名: 朱蕉					
量測法	植株高度				
電腦	19.091	19.362	19.662	19.514	19.536
傳統	18.21	18.42	17.23	17.74	16.89

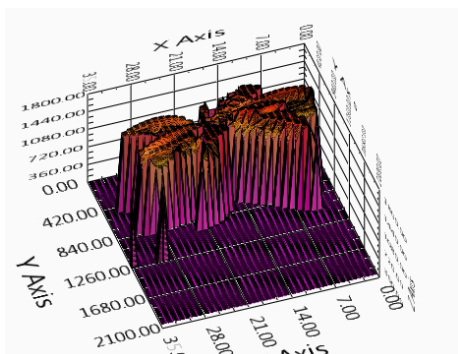


圖 3-3 偏移 0.5 公分朱蕉 3D 成像 (單位: Pixel)

表 3-2 朱蕉量測數據 (單位: cm)

滑軌偏移 0.5 公分					
品名: 朱蕉					
量測法	植株高度				
電腦	19.071	19.018	19.833	19.557	19.742
傳統	18.211	18.42	17.23	17.74	16.89

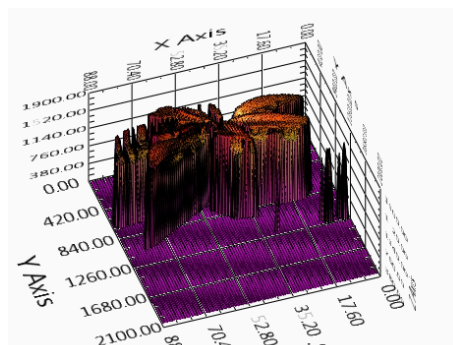


圖 3-4 偏移 0.2 公分朱蕉 3D 成像 (單位: Pixel)

表 3-3 朱蕉量測數據 (單位: cm)

滑軌偏移 0.2 公分					
品名: 朱蕉					
量測法	植株高度				
電腦	18.805	19.809	19.975	19.845	19.186
傳統	18.211	18.42	17.23	17.74	16.89

表 3-4 朱蕉量測法之差異 (單位: cm)

量測法	朱蕉標準差
滑軌偏移 1cm 電腦量測	0.1958
滑軌偏移 0.5cm 電腦量測	0.3387
滑軌偏移 0.2cm 電腦量測	0.4514
傳統量測標準差	0.5757

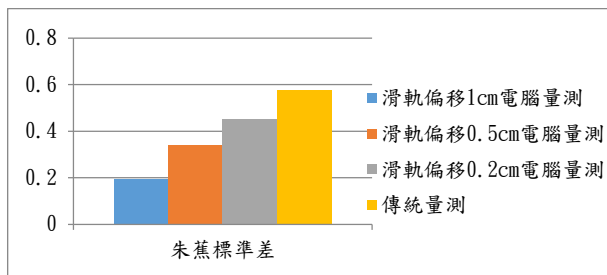


圖 3-5 朱蕉標準差 (單位: cm)

2、薄荷



圖 3-6 薄荷

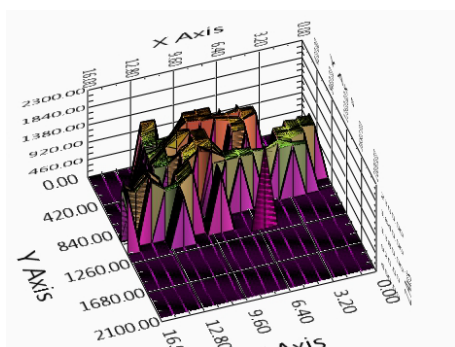


圖 3-7 偏移 1 公分薄荷 3D 成像 (單位：Pixel)

表 3-5 (單位：cm)

滑軌偏移 1 公分					
品名：薄荷					
量測法	植株高度				
電腦	21.044	21.045	21.166	21.166	21.157
傳統	19.118	19.62	19.68	18.43	19.45

表 3-8 薄荷量測法之差異 (單位：cm)

量測法	薄荷標準差
滑軌偏移 1cm 電腦量測	0.0582
滑軌偏移 0.5cm 電腦量測	0.2246
滑軌偏移 0.2cm 電腦量測	0.1438
傳統量測標準差	0.4585

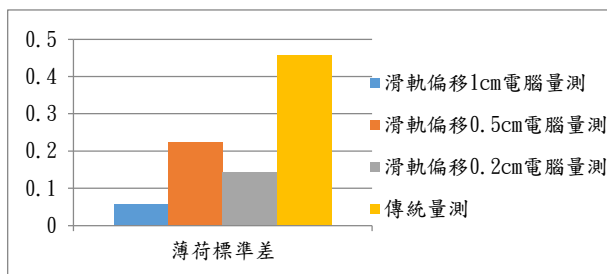


圖 3-10 薄荷標準差 (單位：cm)

3、仙人掌

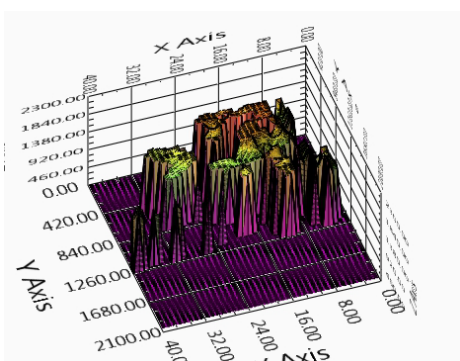


圖 3-8 偏移 0.5 公分薄荷 3D 成像 (單位：Pixel)

表 3-6 (單位：cm)

滑軌偏移 0.5 公分					
品名：薄荷					
量測法	植株高度				
電腦	21.424	21.145	21.036	21.629	21.518
傳統	19.118	19.62	19.68	18.43	19.45



圖 3-11 仙人掌

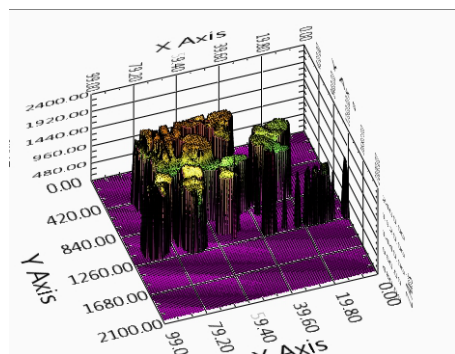


圖 3-9 偏移 0.2 公分薄荷 3D 成像 (單位：Pixel)

表 3-7 (單位：cm)

滑軌偏移 0.2 公分					
品名：薄荷					
量測法	植株高度				
電腦	21.264	21.576	21.421	21.616	21.289
傳統	19.118	19.62	19.68	18.43	19.45

圖 3-12 偏移 1 公分仙人掌 3D 成像 (單位：Pixel)

表 3-9 (單位：cm)

滑軌偏移 1 公分					
品名：仙人掌					
量測法	植株高度				
電腦	14.741	14.711	14.849	14.793	14.732
傳統	14.754	14.99	15.56	14.57	15.12

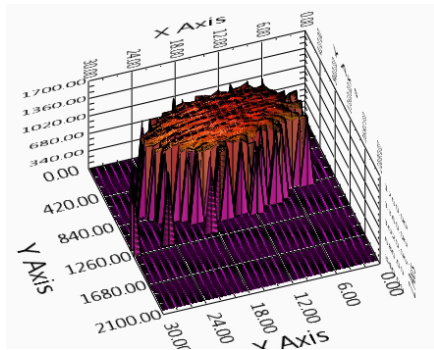


圖 3-13 偏移 0.5 公分仙人掌 3D 成像(單位:Pixel)
表 3-10 (單位:cm)

滑軌偏移 0.5 公分					
品名: 仙人掌					
量測法	植株高度				
電腦	14.792	14.823	14.699	14.765	14.687
傳統	14.754	14.99	15.56	14.57	15.12

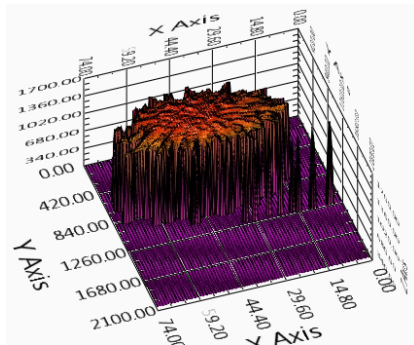


圖 3-14 偏移 0.2 公分仙人掌 3D 成像(單位:Pixel)
表 3-11 (單位:cm)

滑軌偏移 0.2 公分					
品名: 仙人掌					
量測法	植株高度				
電腦	14.805	14.731	14.756	14.784	14.778
傳統	14.754	14.99	15.56	14.57	15.12

表 3-12 仙人掌量測法之差異 (單位:cm)

量測法	仙人掌標準差
滑軌偏移 1cm 電腦量測	0.0498
滑軌偏移 0.5cm 電腦量測	0.0526
滑軌偏移 0.2cm 電腦量測	0.0253
傳統量測標準差	0.3387

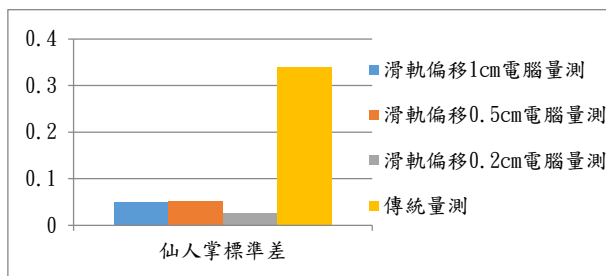


圖 3-15 仙人掌標準差 (單位:cm)

4、石蓮花



圖 3-16 石蓮花

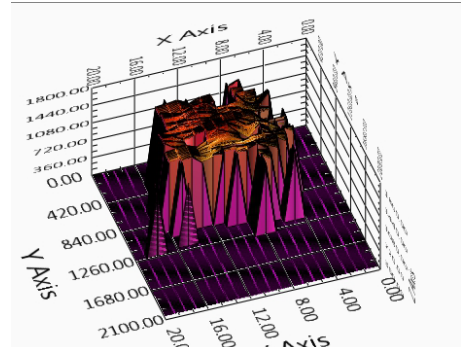


圖 3-17 偏移 1 公分石蓮花 3D 成像 (單位:Pixel)
表 3-13 (單位:cm)

滑軌偏移 1 公分					
品名: 石蓮花					
量測法	植株高度				
電腦	15.174	15.133	15.194	15.213	15.156
傳統	16.742	15.41	12.32	17.78	16.56

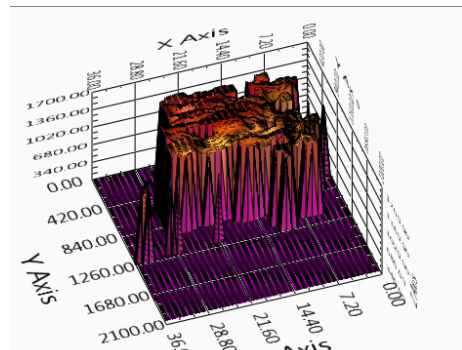


圖 3-18 偏移 0.5 公分石蓮花 3D 成像(單位:Pixel)
表 3-14 (單位:cm)

滑軌偏移 0.5 公分					
品名: 石蓮花					
量測法	植株高度				
電腦	15.575	15.386	15.302	15.453	15.641
傳統	16.742	15.41	12.32	17.78	16.56

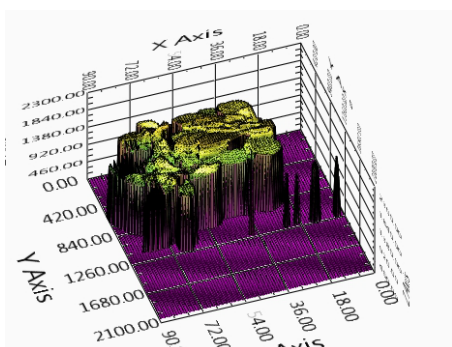


圖 3-19 偏移 0.2 公分石蓮花 3D 成像(單位:Pixel)
表 3-15 (單位:cm)

滑軌偏移 0.2 公分					
品名: 石蓮花					
量測法	植株高度				
電腦	15.325	15.259	15.128	15.248	15.137
傳統	16.742	15.41	12.32	17.78	16.56

表 3-16 石蓮花量測法之差異 (單位:cm)

量測法	石蓮花標準差
滑軌偏移 1cm 電腦量測	0.0280
滑軌偏移 0.5cm 電腦量測	0.1231
滑軌偏移 0.2cm 電腦量測	0.0757
傳統量測標準差	1.8783

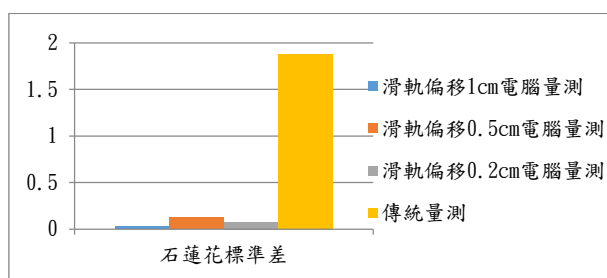


圖 3-20 石蓮花標準差 (單位:cm)

5、蝴蝶蘭



圖 3-21 蝴蝶蘭

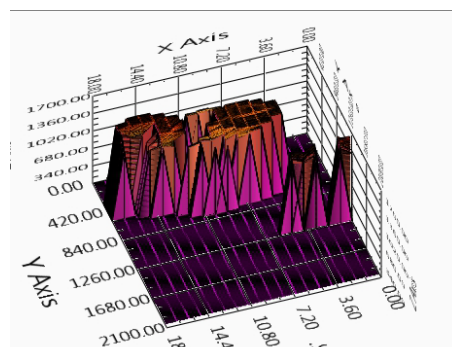


圖 3-22 偏移 1 公分蝴蝶蘭 3D 成像 (單位:Pixel)
表 3-17 (單位:cm)

滑軌偏移 1 公分					
品名: 蝴蝶蘭					
量測法	植株高度				
電腦	12.914	13.032	13.088	12.976	13.019
傳統	14.58	14.53	15.21	14.98	15.55

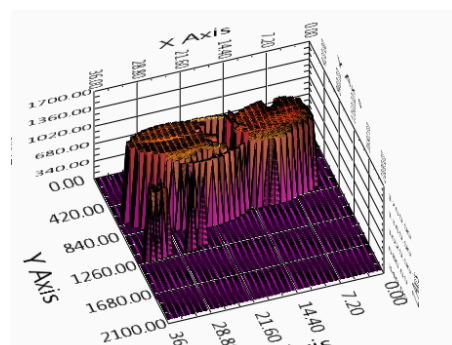


圖 3-23 偏移 0.5 公分蝴蝶蘭 3D 成像(單位:Pixel)
表 3-18 (單位:cm)

滑軌偏移 0.5 公分					
品名: 蝴蝶蘭					
量測法	植株高度				
電腦	13.164	13.07	13.112	13.091	13.148
傳統	14.5	14.53	15.21	14.98	15.55

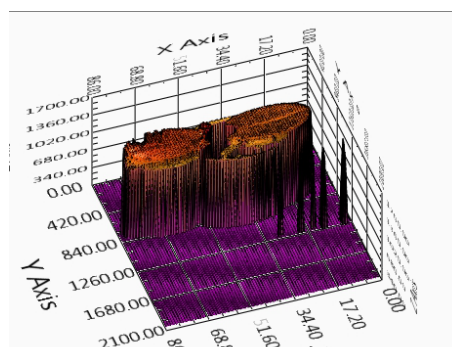


圖 3-24 偏移 0.2 公分蝴蝶蘭 3D 成像(單位:Pixel)
表 3-19 (單位:cm)

滑軌偏移 0.2 公分					
品名: 蝴蝶蘭					
量測法	植株高度				
電腦	13.231	13.075	13.032	13.162	13.072
傳統	14.5	14.53	15.21	14.98	15.55

表 3-20 蝴蝶蘭量測法之差異(單位：cm)

量測法	蝴蝶蘭標準差
滑軌偏移 1cm 電腦量測	0.0582
滑軌偏移 0.5cm 電腦量測	0.0349
滑軌偏移 0.2cm 電腦量測	0.0721
傳統量測標準差	0.3847

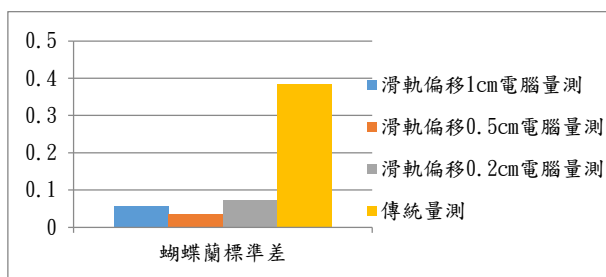


圖 3-25 蝴蝶蘭標準差 (單位：cm)

肆、結論

本專題利用馬達儀控 CCD 相機拍攝植株、果實，並利用影像處理及程式運算，輸出該待測物的實際高度，相較於傳統量測方式，已達到減少人力、耗費時間及數值穩定等問題。

待測物的選擇方面，我們各挑選了枝葉密集及枝葉分散的植株，因差異分布廣，在 3D 成像會有諸多問題產生，而移動滑軌時，主要以一公分為前進（後退）之單位，所以在過程中可能會略過一些植株的高點或低點，都可能影響到 3D 成像及最終數據的結果。在傳統量測方面，量測者會有視差，無法精準量測植株高度，且可能因量具不同，精度不一樣，會使數值不穩定。整體來說，不管是馬達、程式或影像處理上，本專題還有諸多進步、改善加強的地方。

在待改進的地方，如馬達儀控上，因只有運用一個軸相做拍攝，所以在 3D 成像方面會略顯粗糙，無法完整表達出植株的實際樣貌，若增加至 X 軸、Y 軸進行拍攝，能改善此問題。加裝極限開關，在滑軌移動過程中，如滑軌發生碰撞時，會使馬達立即停止，避免機台之損壞。

伍、致謝

在專題研究過程中，特別感謝李文宗副教授，不論是理論指導或問題解決，都使我們獲取許多知識，在設備、資源上，也大力協助，讓我們在專題製作上無後顧之憂，在專題製作之餘，也提供我們許多增進自己能力的課程講座，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，方能順利完成專題，也使像幼苗般的我們，更加成長茁壯。

此外，感謝王星萌學長，在完成碩士論文之際，還協助我們在程式方面打下穩固的地基，也提供我們許多關於馬達及相機的相關知識；感謝楊順安學

長，在百忙之際，協助調整及改善拍攝程式存檔問題，使專題能繼續進行，由衷感謝。

最後，感謝選擇彼此當組員的我們：張森森、陳郁涵、曾靖雯，少了共同的討論與激勵，少了不一樣的想法與思路見解，都無法順利完成專題，也感謝實驗室裡一同奮鬥的戰友們，有大家的互相鼓勵與協助，使我們在專題製作的路上，多了許多動力及歡笑，這些都終將成為我們大學生活中，最重要的回憶。

陸、參考文獻

一、網路資料

[1]台灣易格斯有限公司，igus®三軸龍門型滑台，網址：<https://www.igus.com.tw/wpck/12148/spacegantry>。上網時間：2018-02-02。

[2]台灣易格斯有限公司，igus®直線滑軌步進馬達，網址：https://www.igus.com.tw/wpck/7242/DryLin_NE_MA_23，上網時間：2018-02-02。

[3]千電實業有限公司，二項迷你型微步進驅動器，網址：<https://ppt.cc/f9v3yx>，上網時間：2018-03-01。

[4]LabVIEW & PLC 還未出師的小工程師，用數值搜尋 2D 陣列，擷取符合的數值列，網址：<https://ppt.cc/g1yc9y>，上網時間：2018-04-30。

[5]國家儀器股份有限公司，什麼是 LabVIEW？網址：<http://www.ni.com/zh-tw/shop/labview.html>，上網時間：2018-04-30。

[6]LabVIEW Pro，機器視覺專欄 - 影像處理：NI Vision 小幫手，網址：https://www.labviewpro.net/forum_post_detail.php?post=8691&fid=7，上網時間：2018-04-30。

[7]國家儀器股份有限公司，NI Vision Assistant Tutorial，網址：<http://www.ni.com/pdf/manuals/372228m.pdf>，上網時間：2018-05-01。

[8]Arduino，什麼是 Arduino？網址：<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>，上網時間：2018-05-03。

[9]陳元方，比例因數，國家教育研究院，網址：<http://terms.naer.edu.tw/detail/1330072/>，上網時間：2018-05-21。

[10]傳統光學量測概說，網址：140.134.32.129/plc/pre-oe/optical/OP2.htm，上網時間：2018-05-23。

[11]綜述結構光中心條紋提取，網址：http://read.pudn.com/downloads227/sourcecode/graph/texture_mapping/1068724/%E6%BD%98%E6%96%87-%E6%9C%BA%E5%99%A8%E8%A7%86%E8%A7%89/%E6%9C%BA%E5%99%A8%E8%A7%86%E8%A7%89.doc，上網時間：2018-05-23。

二、期刊

[12] 楊建華、楊雪榮、成思源、雷志盛、駱少明、張湘偉，2014，線結構光三維視覺測量中光條紋中心提取綜述，廣東工業大學學報，廣東工業大學，機電工程學院，廣東廣州。

三、書籍

[13]謝岱凌、張維、徐如欣、蕭子健，2015，虛擬儀控程式設計—LabVIEW 201X，高立圖書有限公司。

四、學術論文

[14]陳清同，2016，應用條紋光於三維尺寸量測，碩士論文，屏東科技大學，生物機電工程系研究所，屏東。

[15]柯韋廷，2012，利用條紋投影技術進行物體表面之三維形變量量測，碩士論文，國立中山大學，材料與光電科學學系研究所，高雄。

[16]白紹翊，2012，結構光條紋視覺系統之表面量測，碩士論文，中華大學，機械工程學系，新竹。

[17]吳軒孝，2007，雷射結構光應用於物體表面及3D輪廓之精細量測，國立中央大學，光電科學研究所，桃園。

[18]蕭世昌，2008，結構光條紋視覺系統校正，碩士論文，中華大學，機械與航太工程研究所，新竹。

Application of linear scanning in three-dimensional measurement of plant

Wen-Tzong Lee, Ph.D. Associate Professor
Sen-Sen, Jhang、Ching-Wen, Tseng、Yu-Han, Chen

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

The application of linear scanning in the three-dimensional measurement of plants, its structure can be divided into image analysis system and control system two parts. The image analysis system uses the

laser projection single stripe light on the object surface, then camera take the images, and the control system uses the personal computer as the main control system, through the Arduino and the motor driver, controls the stepper motor to control the slide to take the images of the plant.

The program utilizes the LabVIEW 2016, Vision Assistant 2016 to compose and process the image, obtain the real-time information at the human-machine interface, facilitates the improvement and the configuration. Images processing is carried out through photographing system, and information is obtained by phase shift method.

應用線性雷射於物件高度量測

專題生：王予劭

指導老師：李文宗 副教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題研究是以投射線性雷射於物體表面進行高度量測，其架構可分為拍攝系統及控制系統兩部分。影像拍攝系統使用 Quarton 紅光雷射 LED 投影單線性雷射於物件表面，再以 CCD 攝影機取像，而控制系統以電腦作為主控端，並以 Arduino 作為實驗平台控制板。

程式採用 LabVIEW 2016 進行編寫，以 LabVIEW 撰寫程式可於人機介面端獲得即時資訊，方便進行系統改善及配置。並以 Vision Assistant 做影像處理，增加影像辨識度。

關鍵字：線性雷射、三維量測、LabVIEW

一、引言

本專題主要目的為研究一套精密度高、成本較低、快速方便之自動化結構光量測系統，以達到精密量測之效果。

物體掃描過程採自動化執行，降低人為因素產生之誤差，且實驗過程需在無光害環境中進行，掃描過程中透過裝設在移動平台上的 CCD 相機拍攝進行拍攝並執行運算，其中包含影像校正、影像處理、影像濾波、三維高度資訊儲存與三維模型圖輸出等。

二、研究內容與方法

2.1 設備規格與配置

2.1.1 拍攝相機與鏡頭

拍攝設備採 Basler CCD 相機 (aca-1300-30gc) 結合 Fujinon 鏡頭 (HF35HA-1B)，焦距為 35mm。

2.1.2 線性雷射源

線性雷射源使用 Quarton 的 VLM-650-28-LPT，規格如下所示

表 1 VLM-650-28-LPT 之規格

尺寸	Ø9 × 26mm
輸入電壓	3V~5V
功率	1mW
波長	655nm

2.1.3 PWM 電壓控制

本專題為了要控制馬達轉動所以選用 Arduino UNO 做為主要的控制板，具有 14 支數位接腳，其中 6 路可作為 PWM 輸出，由 LabVIEW 撰寫程式將 PWM 訊號送至馬達驅動器。

2.1.4 馬達驅動器 TR515B

由馬達驅動器，整流後控制移動平台的馬達。

2.1.5 步進馬達 XMBS615-L-N

移動平台上所使用的馬達為五相五線步進馬達，每步步進角為 0.72 度，一般均使用於微步控制，可供需移動高精度距離的實驗使用，最小移動量達微米距離。其中需注意由於 Arduino 作為主要控制器，因此額外裝設的感測器都需將負極共在 Arduino 的 GND 接腳上。

圖 1 設備配置圖

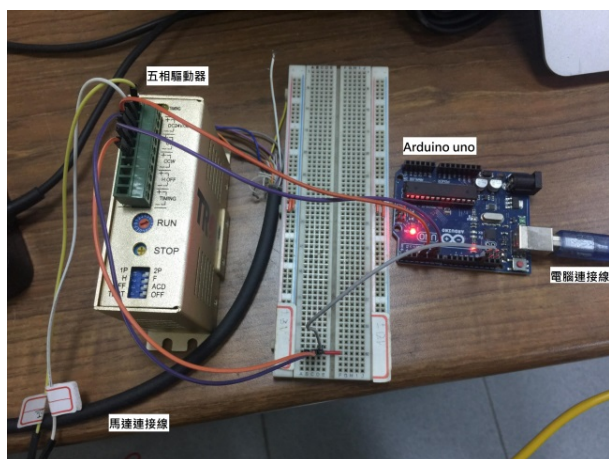
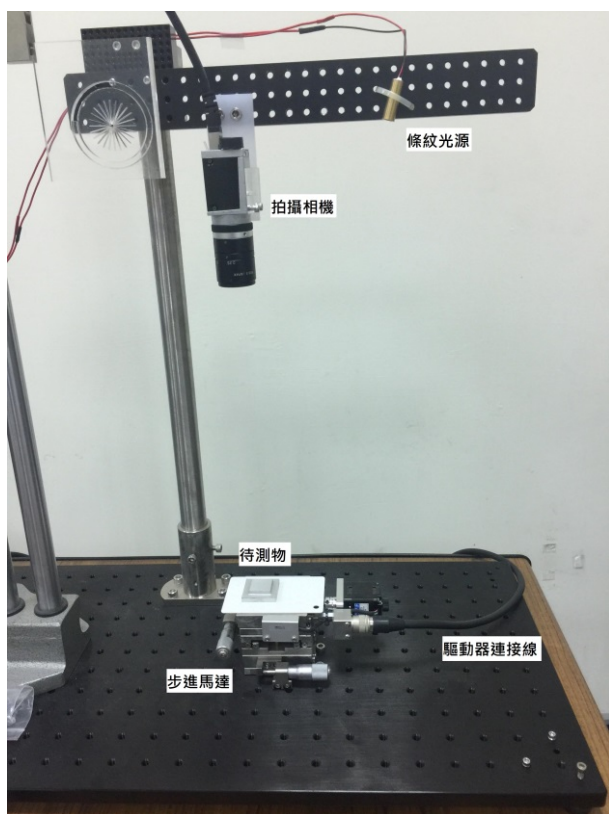


圖 2 設備配置圖



2.2 實驗使用技術

2.2.1 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。

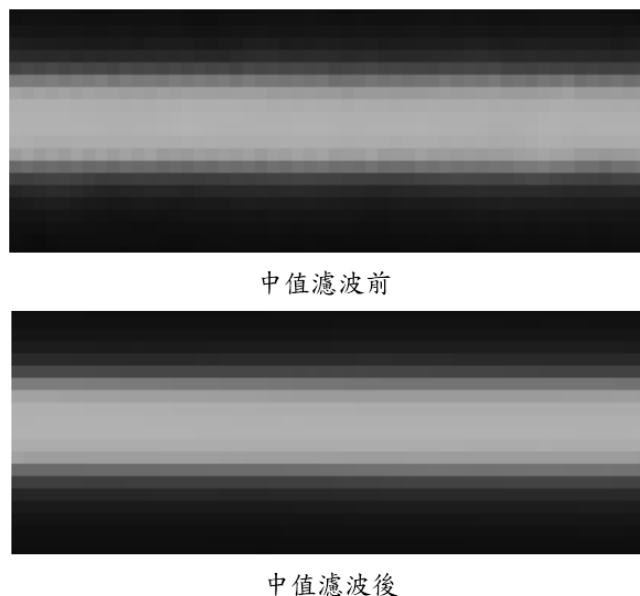
2.2.2 灰階轉換 (Gray-level transformation)

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。

2.2.3 中值濾波

線性雷射在進行重心法運算時，往往會因為環境干擾導致其周邊產生些微亮點，其值非常小，但重心法的提取為有亮度的座標皆納入計算，當產生過多的離散亮點時，重心法容易產生錯誤重心位置，所以在影像上需適當加上濾波處理，本實驗採用中值濾波 (Median filter) 方式，目的在於消除離散之小光點，進而提高重心的正確性。

圖 3 中值濾波示意圖



2.3 實驗規劃

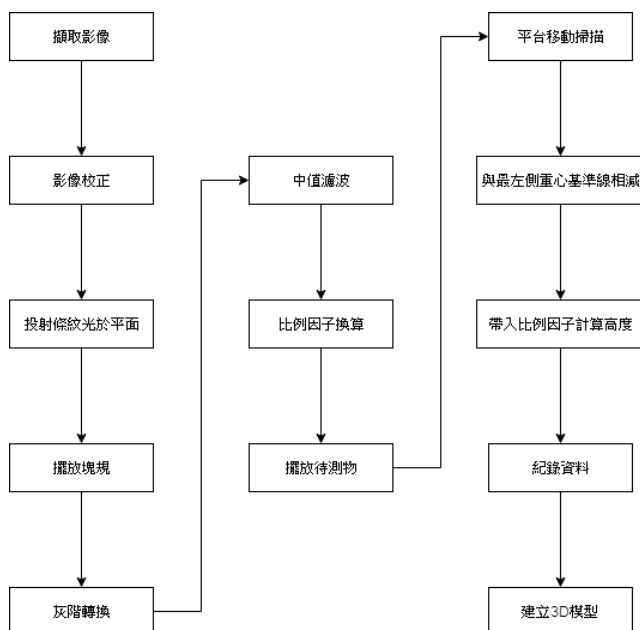
在本實驗中，將利用一線型紅光雷射 LED 投射到我們所要分析的物體甚或微元件上之後，光源投射條紋將會因為待測物表面的深度變化而產生變形，此時便可透過 CCD 攝影機擷取物體影像，利用 CCD 攝影機擷取到的影像經由電腦運算求得一直線的高度值，移

動平台後再次執行運算，多次移動後便能輸出整個物件的高度值，甚而重建出待測物的表面輪廓。

2.3.1 實驗流程

影像處理程式流程如圖 3 所示，擷取影像之後對影像進行校正，隨後投射線性雷射並擺放塊規，依序進行灰階、中值濾波、二值使得影像更容易被電腦辨識，最後帶入函式算出高度並移動平台多次執行，取得多筆數據後即可建構 3D 模型。

圖 3 程式流程圖



三、結果與討論

實驗中進行三次待測物皆不同，分別為兩階級高度金屬待測物、不同加工度的金屬墊圈兩個及 1mm 非金屬塊規，目的是為了探討當材質及加工程度的不同對實驗結果的影響。

3.1 兩階級高度金屬待測物的測量

待測物尺寸為 2x2x7mm，階級處高為 4mm，由於此待測物較大，故分為兩次進行，前半部為階級上升，後半部為階級向下。由圖可看出會因為階級產生陰影導致陰影處失真，可透過旋轉物件多次測量改善狀況。

圖 4 兩階級高度金屬待測物

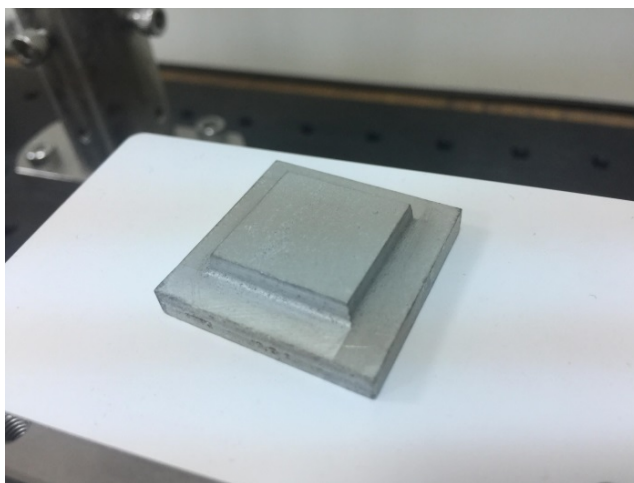


圖 5 單條高度運算結果

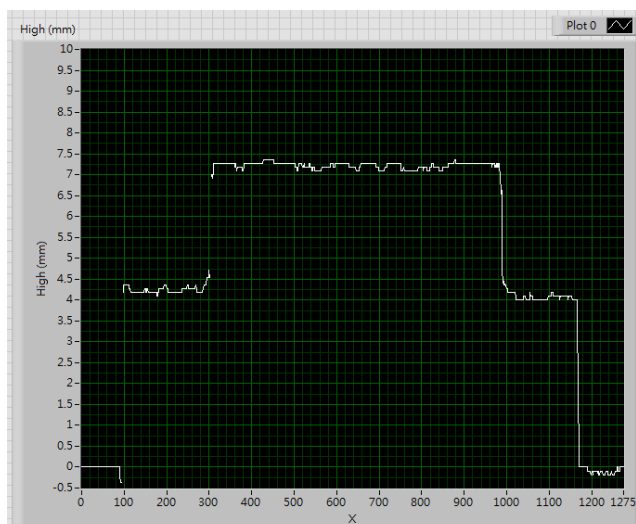
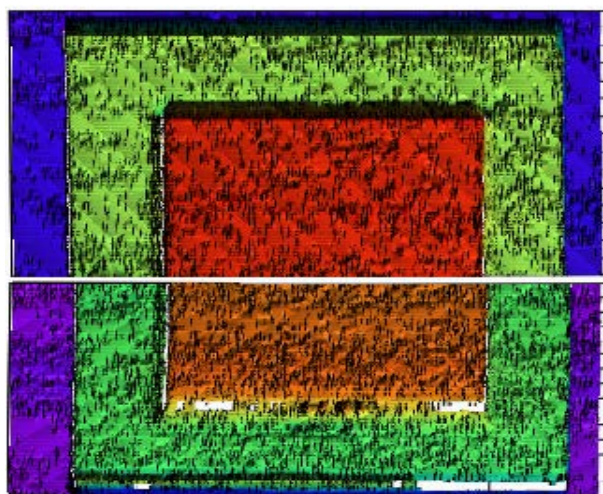


圖 6 建模結果(此為兩張圖合成)



3.2 不同加工度的金屬墊圈的測量

本次待測物有兩個，分別為高 1mm 粗糙墊圈與高 1.46mm 光滑墊圈，由圖可知加工度較高的光滑元件容易因反射導致失真，加工度較低的粗糙元件則容易出現點狀高低起伏。

圖 7 不同加工度的金屬墊圈

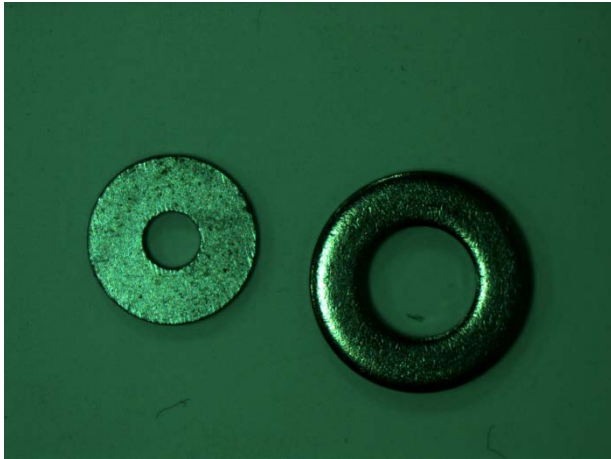


圖 8 單條高度運算結果

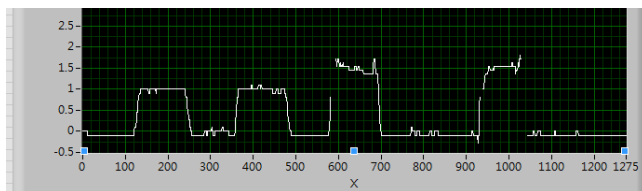
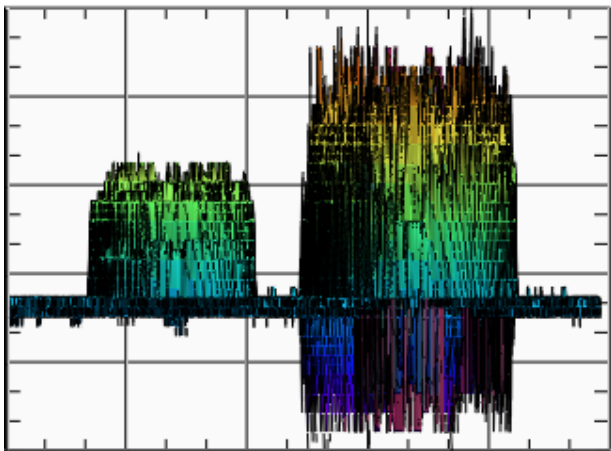


圖 9 模型側視



3.3 1mm 非金屬塊規的測量

本次待測物為 1mm 非金屬塊規，由實驗結果可知當待測物有些許透光時，會因為散射造成結果起伏。

圖 10 非金屬 1mm 塊規的測量

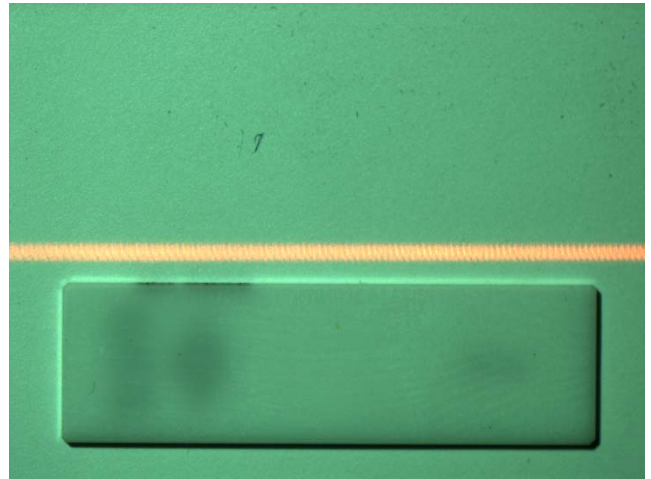


圖 8 單條高度運算結果

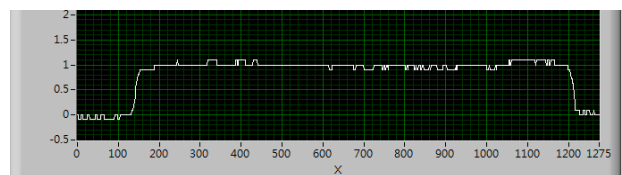
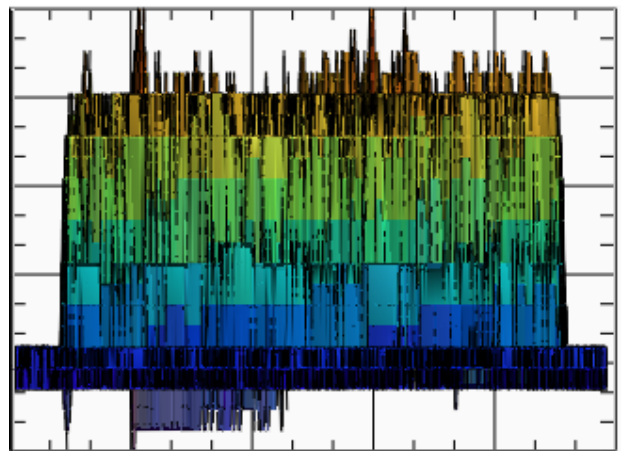


圖 12 模型側視



四、結論

由實驗結果可以發現，在量測金屬元件的高度，可獲得較良好的高度資訊，其中需要注意的為測量金屬墊圈時的高度誤差有明顯的提升，金屬元件表面由於經過加工處理，導致其粗糙程度變化較大，光源照射在表面上則會產生劇烈變化而導致取出的重心線無法有效的抑制，因而誤差率增加，不過此誤差量可透過對影像濾波處理及影像平滑化，使重心線的位置穩定，在計算高度時即可得到相對正確的高度資訊。

五、致謝

感謝李文宗教授，在這一年的實務專題製作中，給予了我非常多的指導與協助，讓我在專題製作時能夠循序漸進掌握正確研究方向，當遭遇困惑或難題時，總是不厭其煩的為我解惑，也啟發了我很多的想法與思維使我在這實驗過程中收穫滿滿。

六、參考文獻

1. 學位論文：

- [1]. 陳清同，2017，「應用線性雷射於三維尺寸量測」，碩士論文，國立屏東科技大學，屏東。
- [2]. 白紹翊，2010，「結構光條紋視覺系統之表面量測」，碩士論文，中華大學，新竹。
- [3]. 陳亮嘉、廖界程、賴明鈞、高偉傑，2004，「數位結構光三維全域式顯微量」，論文，國立台北科技大學自動化科技研究所，台北。

2. 網站資料：

- [4]. Youtube，LED，「Arduino/LabVIEW:Control de velocidad de un motor por PWM」，<https://www.youtube.com/watch?v=PExuoWigWXw>

CO 感測與應用

學生姓名：B10444021 高碩廷

B10444040 林家佑

B10444047 王昱程

指導老師：吳瑋特 老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題之研究目的是為了減少人們因一氧化碳中毒、致命的事件。我們透過 Arduino 開發板、溫溼度偵測模組(DHT-11)、一氧化碳偵測模組(MQ-7)及物聯網結合，將資料上傳至雲端資料庫 [1] 並結合手機應用程式(Application，以下簡稱 App)[2]，判斷一氧化碳濃度與溫溼度是否超乎正常標準，通過數值判斷該場所是否處於危險環境中，如果超出正常環境應有的值，手機 App 便會發出警告訊息。

關鍵詞：Arduino、一氧化碳、App

一、前言

臺灣冬天氣溫平均在攝氏 15 至 18 度左右，在低溫環境下許多家庭會選擇關上窗戶抵擋冷風，但是許多老舊房子的通風設備不良、瓦斯燃燒不完全，則會造成一氧化碳中毒的悲劇。

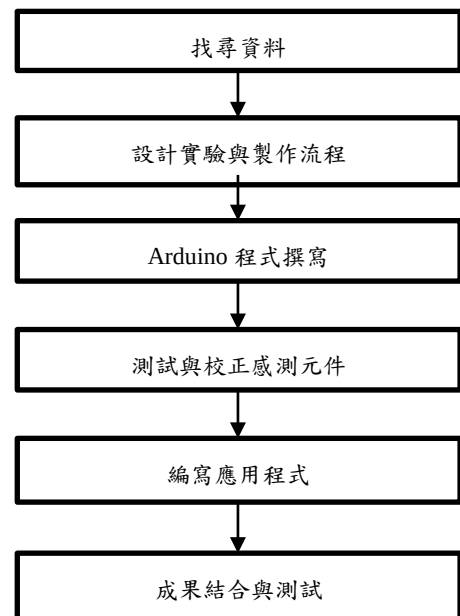
一氧化碳 (CO) [3] 是一種無色、無味、無刺激性的氣體，吸入過量一氧化碳會導致一種似中毒的缺氧現象。它會結合血紅蛋白生成碳氧血紅蛋白，碳氧血紅蛋白不能提供氧氣給身體組織。濃度低至 667ppm 可能會導致高達 50% 人體的血紅蛋白轉換碳氧血紅蛋白，最常見的一氧化碳中毒症狀像是：頭痛、嘔吐、頭暈、疲勞、視網膜出血等，長久在一氧化碳環境下可能嚴

重損害心臟和中樞神經系統。

本專題使用 Arduino 撰寫程式，透過 ESP-8266 [5] 將 MQ-7 [6] 與 DHT-11 [7] 所量測到的資料上傳至雲端平台 ThingSpeak [8]，利用 APP 判斷是否超出安全範圍，如果超出便會傳送訊息至手機 APP 通知使用者。

二、研究內容與方法

2.1 製作流程圖



圖一 製作流程圖

2.2 文獻探討

本文之參考資料來源為網路，其資料如下：

2.2-1 物聯網

物聯網（Internet of Things，縮寫 IOT）是網際網路、傳統電信網等資訊承載體，讓所有能行使獨立功能的機器、電腦等實現互聯互通的網路。透過物聯網可以用主電腦對機器、裝置、人員進行集中管理、控制，也可以對家庭裝置、汽車進行遙控，以及搜尋位置等，類似自動化操控系統，透過收集許多小資料而最後整合成大資料，包含重新設計道路以減少車禍、都市更新、災害預測與犯罪防治、流行病控制等等社會的重大改變，以實現物聯網。

網路是構成物聯網其中一項不可或缺的技术，而 IOT Server 就是用來蒐集並記錄由世界各地傳過來的數據資料，這些資料可以自己使用，也可以分享給其他人做使用，這對於需要在世界各地蒐集資料的科學家或是程式設計師，只要善用這些資料便能加速其研究分析的工作，節省很多的時間。例如，對於科技農夫來說，可以蒐集整片土地上面各處土壤的溫溼度、光照程度在特定時間間隔的分佈狀態，以長時間的數據來分析影響土地上各植物的生長狀態的因素，幫助農夫可以做製程改善達到最大的產量輸出。

2.2-2 Arduino

Arduino 與 Android 相同的地方在於，兩者皆是使用開放原始碼的軟硬體平台。不同的是，Arduino 提供了簡單好用的 I/O 介面，並具可使用類似於 Java、C 語言等高階語言的開發環境。

Arduino 是一種開放授權的互動環境開發技術，互動裝置與我們生活息息相關，像是恆溫裝置，利用感測器偵測環境溫度，進行室內溫度的自動調節；還有汽車的倒車雷達，當感測器偵測到物體靠近便會發出聲音警告駕駛。這些裝置為生活增加不少安全性及便利性，有時會以藝術品的方式呈現在生活當中。

絕大多數的設計工具都是為了工程師方便所設計的，必須了解電路還須具備相關知識，才能使其完整。

以往處理相關電子設備時需要工程師才有辦法完成完整的電路，現今處理器有了很大的進步，使用上變得更为容易，價格上的減少更降低了學習的門檻。

Arduino 的其中一個特色是開放源碼(open-source)。不僅軟體是開放源碼，硬體也是開放的。軟體的開發環境可在網路上免費下載，電路設計圖也可從官方網站自行下載，依據自身之需求進行修改，但須要符合創用 CC 授權條款。

Arduino 學習門檻較為簡單，不需要電子電機相關背景，就可以輕鬆學會 Arduino 相關互動裝置的開發。Arduino 以公開共享為基礎，多數人都樂於分享自己的作品，網路上能找的創作案子非常豐富。以此學會基礎，有時只需要參考分享者的作品，依據自身的需求行調整，就可以在短時間內完成自己的創作。

Arduino 主要可區分為三大類，分別是 Arduino 硬體、Arduino 軟體及 Arduino 擴充元件。硬體部分可購買現成的開發板或是依據網路下載的電路圖自行組裝。軟體可使用官方所提供的原始碼。官方網站也提供了許多不同的版子給開發者購買。

2.2-3 行動應用程式

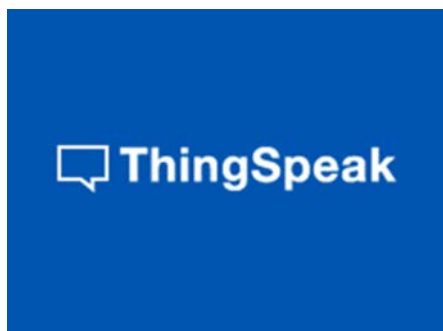
行動應用程式(英語：mobile application，簡稱 mobile app、apps)或稱手機應用程式、行動應用程式、行動應用、手機 App 等，是指設計給智慧型手機、平板電腦或其他行動裝置運行的一種應用程式。

由於智慧型手機的普及化，App 也開始陸續出現。如同十年前電腦開始普及一般，但電腦中的各種軟體廣義來說也是 App。當你有了一台電腦，無論等級高低效能好壞，你都將追求使用好的軟體，讓電腦硬體的存在產生價值，智慧型手機也是如此。目前 App 指的就是智慧型手機內的應用程式。

2.2-4 雲端平台

「ThingSpeak」是為物聯網所產生的應用程式平台(如圖二)，傳送警報訊息是利用「IFTTT」(如圖三)進行網路連結服務和社交、通訊軟體或電子郵件做連結，若超過標準值時，會傳送警報訊息

至 LINE。為了避免 MQ-7 故障或錯誤作動，因此加上 DHT-11 來避免此狀況發生，若偵測到一氧化碳濃度超標，但溫度、濕度卻是正常情況下，警報訊息是不會傳送的，唯有一氧化碳濃度超標，且溫度、濕度也處於異常情況下，警報訊息將會立即傳送至通訊軟體，由於一氧化碳濃度為 200ppm 時，就會對人體有害，所以將其標準值設為 200ppm，而正常室內溫度為 25~30°C，所以將其參考標準設為 40°C，濕度方面，一般室內溼度為 40~60%，所以將其參考標準設為 30%，若在一般情況下，也能利用設計的 APP 來觀察其一氧化碳濃度、溫度以及濕度。



圖二 應用程式平台 ThingSpeak



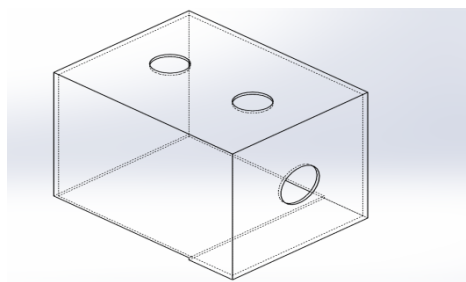
圖三 網路服務平台 IFTTT

2.3 成品設計

2.3-1 模擬箱設計

本組使用的是 3D 機械 CAD 軟體 SolidWorks，先繪製出外觀(如圖四)，再透過雷射雕刻機將壓克力板進行裁切接合而成。圖一上方的兩個洞，分別放置溫濕

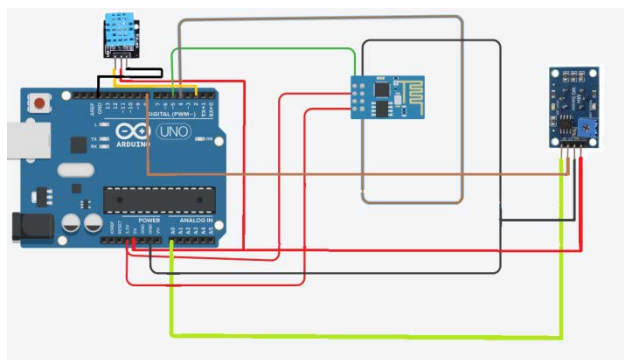
度感測器 DHT-11 與一氧化碳感測器 MQ-7，右方的洞則是放入校正用的複合感測器。



圖四 模擬箱之外形

2.3-2 電路圖設計

通過麵包板結合 DHT-11、MQ-7 與 ESP-8266 使其能夠在感測出數據的同時上傳至雲端平台。以下為連接的電路(如圖五)。



圖五 Arduino 與感測器連接電路

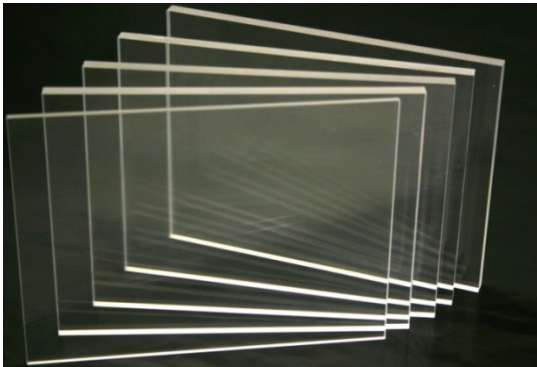
2.4 材料與設備

1. 壓克力板

尺寸：60 × 60 mm 2 塊

80 × 60 mm 3 塊

加工方式：雷射雕刻機



圖六 壓克力板

2. 溫溼度感測器 DHT-11

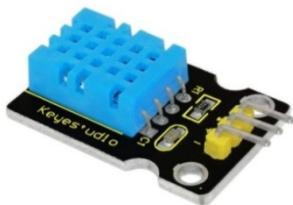
規格：

(1)濕度：20%~95%

(2)溫度：0~50 度 C

(3)誤差：濕度 5%、溫度 2%

(4)VCC：3~5V



圖七 溫溼度感測器 DHT-11

3. 一氧化碳感測器 MQ-7

規格：

(1)工作電流：140mA

(2)回路電壓：10V

(3)負載電阻：10K(可調)

(4)工作溫度：-10~50 °C



圖八 一氧化碳感測器 MQ-7

4. Arduino Wi Fi 模組 ESP-8266

規格：

(1)工作電壓：3.3V

(2)工作電流：持續發送下=平均值：~70mA

(3)發射功率：802.11b、802.11g、802.11n



圖九 ESP-8266

5. Arduino UNO 開發板

規格：

(1)工作電壓：5V

(2)Digital I/O 數位輸入/輸出端共 0~13。

(3)Analog I/O 類比輸入/輸出端共 0~5。

(4)輸出電壓：5V DC 輸出和 3.3V DC 輸出 和外部
電源輸入。



圖十 Arduino UNO

6. 杜邦線



圖十一 杜邦線

7. Arduino USB 連接線



圖十二 ARDUINO USB 連接線

8. 麵包版



圖十三 麵包版

9. 木炭



圖十四 木炭

10. 噴燈、打火機

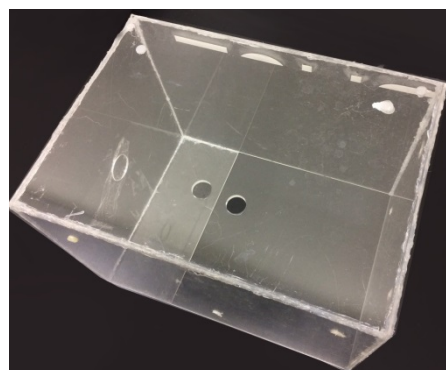


圖十五 噴燈、打火機

三、結果與討論

3.1 模擬箱製作

採用壓克力板作為模擬箱材料，使用熱融膠將壓克力板接合成長方形狀，以模擬成密閉空間，使用雷射雕刻機將壓克力板挖出三個圓洞，分別為放置 DHT-11、MQ-7 以及 CO 偵測儀。成品如下(圖十六)



圖十六 模擬箱成品

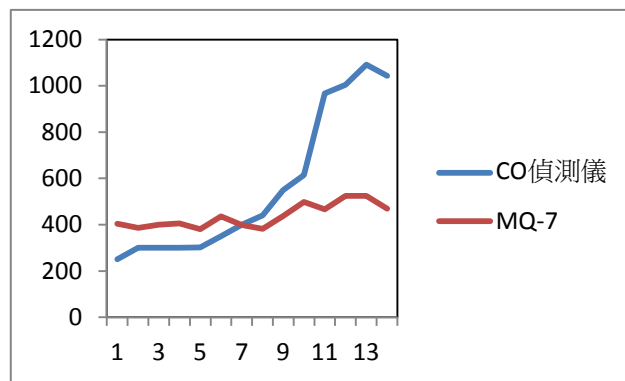
3.2 Arduino 程式撰寫

使用編輯軟體將公板軟體進行編寫後寫入 Arduino UNO 板中，並測試程式是否能正常運作。下圖為部分程式(如圖十七)與測試(如圖十八)。

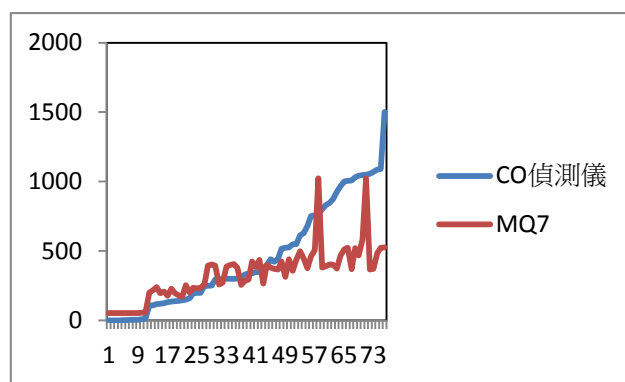


圖二十一 警報訊息

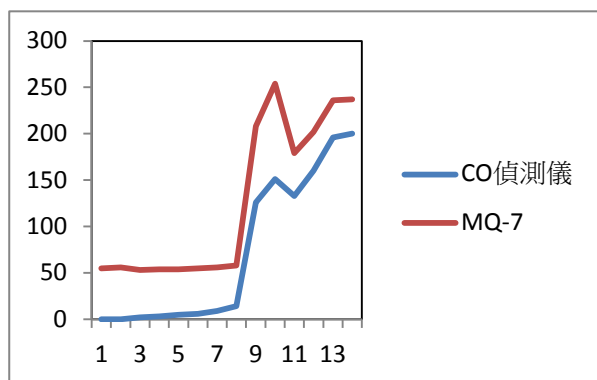
將 MQ-7 與 CO 偵測儀同時量測一氧化碳濃度，以每分鐘讀取一次數值，來進行比較其誤差，因為誤差甚大，所以將其 MQ-7 偵測數值分為二個級距，分別為：低於 250PPM(如圖二十二)、高於 250PPM(如圖二十三)總級距(圖二十四)，利用量化級距方式換算其一氧化碳濃度，以降低 MQ-7 測量一氧化碳濃度的誤差。



圖二十三 一氧化碳濃度高於 250(PPM)



圖二十四 總級距



圖二十二 一氧化碳濃度低於 250(PPM)

四、結論

本組專題採用的材料與設備為壓克力板、Arduino UNO 開發版、Arduino Wi-Fi 模組 ESP-8266、CO 感測器 MQ-7、溫溼度感測器 DHT-11、智慧型手機，製作出物聯網使 Arduino 與手機 APP 連結，完成後我們得出以下結論：

1. 因為感測資料會上傳至雲端，所以即使使用者不在感測裝置附近也能接收到警訊，即使人在外也能及時察覺到家中是否出現問題。
2. 本次選用的器材與感測器我們考慮到使用程度與消耗情況，所以採用較低的等級，如果使用更高級的產品，準確度會更高。
3. ESP-8266 因為使用的是 Wi-Fi 進行傳輸，所以必須要建置在有良好 Wi-Fi 的環境中才能更穩定的接收與傳輸資料。
4. 本研究設計之 CO 偵測控制電路為類比電路，為了達成偵測及控制功能，電路會較為複雜。未來可以考慮以單晶片或樹梅派整合電路，讓 CO 濃度的偵測更穩定、更準確。

五、致謝

感謝吳瑋特老師與實驗室的博淳學長與玗澈學長的指導，在過去很少接觸這個專業領域，所以剛開始開發時遇上了多問題，由於學長教我們程式的撰寫與電路的配置的大致方向，讓實驗能很順利的進行，當 APP 能夠顯示出正確數值時代表我們的實驗已經結束了，這讓我們感到努力是有價值的。

六、參考文獻

[1] 初遇 IOT (Internet of Thing, 物聯網)
<http://ruten-proteus.blogspot.tw/2014/11/internet-of-thing>

[-arduino-esp8266.html](#)

[2] APP 到底是什麼?

<https://coder01.com/blog/app-%E5%88%B0%E5%BA%95%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC/>

[3] 一氧化

碳 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%80%E6%B0%A7%E5%8C%96%E7%A2%B3>

[4] 一氧化碳中毒

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%80%E6%B0%A7%E5%8C%96%E7%A2%B3%E4%B8%AD%E6%AF%92>

[5] 使用 Arduino IDE 開發 ESP8266 物聯網應

用 <http://ruten-proteus.blogspot.tw/2015/09/iot-esp8266-arduino-send.html>

[6] MQ-7 介紹

<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/MQ-7-carbon-monoxide-sensor-circuit-with-arduino.php>

[7] DHT11 介紹

<http://yhhuang1966.blogspot.tw/2015/08/arduino-dht11.html?m=1>

[8] ThingSpeak 介紹

<https://thingspeak.com/>

[9] ESP-8266 介紹

<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>

[10] 物聯網應用

<https://sites.google.com/site/wenyumaker2/02micro-bit-yan-jiu/23-wu-lian-wangiot-ying-yong>

[11] THINGSPEAK 與 MIT APP INVENTOR 2

<http://www.instructables.com/id/IoT-Made-Easy-With-UINO-ESP-01-ThingSpeak-and-MIT-A/>

[12] IFTTT 之應用

<https://sites.google.com/site/wenyumaker/13ce-shimoto-blockly/13-11jian-yi-bao-guan-xi-tong>

Carbon monoxide sensing and application

Students: Yu-Chen Wang 、Jai-You Lin 、

Shuo-Ting Kao

Advisor: Dr. Wei-Te Wu

Department of Biomechatronics Engineering

National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

The research purpose of this special subject is to design to reduce people have regrets due to carbon monoxide poisoning. Use temperature and humidity module(DHT-11) and semiconductor sensor for Carbon Monoxide (MQ-7) and through Internet of Things combined with mobile application (application, hereinafter referred to as App) judging Carbon Monoxide concentration and temperature and humidity whether exceed the standard or not. Through value judge whether in dangerous environment, if beyond normal environmental values, mobile application will issue a warning message .

七、附錄

7.1 Arduino 程式

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial mySerial(4, 5);

#define IP "184.106.153.149"

String GET = "GET /update?key=UCUQH6O0NDYRHW7Q";
```

```
const int AOUTpin = 0;

const int DOUTpin = 8;

#include <DHT.h> //讀取 DHT11 函式庫

#define DHTPIN 2 //DHT 第 2 接腳

#define DHTTYPE DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int value;

void setup(){

  Serial.begin(115200);

  while (!Serial) {}

  pinMode(DOUTpin,INPUT);

  dht.begin(); //開始

  void loop(){

    if (Serial.available())

      mySerial.write(Serial.read());

    delay(500);

    value = analogRead(AOUTpin);

    Serial.print("CO 值:");

    Serial.println (value);

    float H = dht.readHumidity();

    float T = dht.readTemperature();

    Serial.print("濕度: ");

    Serial.print(H);

    Serial.print("%t");

    Serial.print("溫度(攝氏): ");

    Serial.print(T);

    Serial.print(" °C");

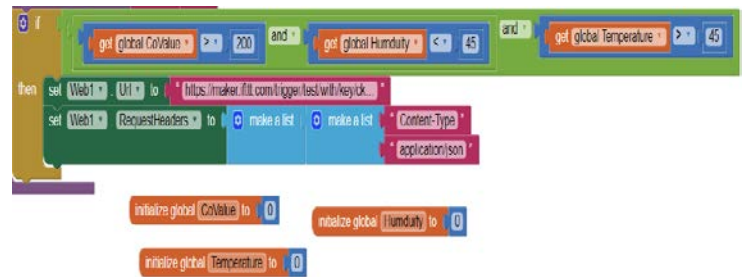
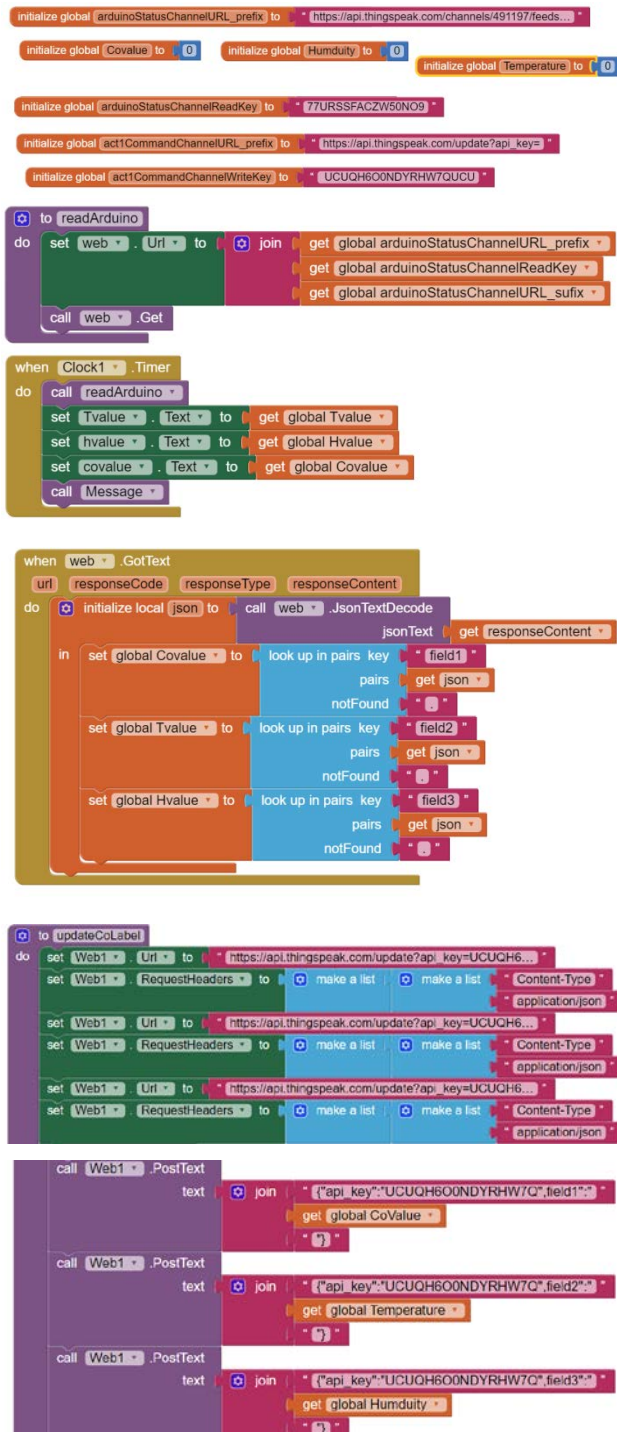
    delay(10000);

    SentOnCloud( String(value),String(T),String(H) );

  }
```

7.2 App 程式

7.2.1 APP INVENTOR 2 程式碼



7.2.1 APP INVENTOR 2 程式介面



人眼視差用於高度量測研究

專題生: B10444017 林乙玄、

B10444029 詹濬澤

B10444045 張家豪

指導老師: 李文宗副教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本實驗室是以自動光學感測為主，而我們這次是以人眼視覺左右眼視差為主題去做探討，在利用左眼右眼做出來的視差圖去判斷高度之前，我們必須先了解鏡頭的解析度、傳感器的特性和圖片觀測物的解析度，進而輸入到程式去做演算，結果呈現的視差灰階圖去觀測物體高度。

關鍵詞： Stereo disparity、雙眼視差、Seeing Distance and Depth

視場去獲取左右兩幅視圖，經匹配法對應後就能得到視差圖，本專題運用的匹配算法為灰階度絕對誤差和 SAD(Sum of Absolute Differences)，以區域座標做為實驗匹配基礎，再選擇對光照變化較不敏感的 random pattern 之圖像特徵去解決光照不均的問題，並研究鏡頭特性與光源之關係性，如何將雙目鏡頭模擬成跟眼睛相似的特性，經程式計算表明出類似人類眼睛視覺之視差圖，其所產生的灰階結果怎麼樣才是最佳的，又該如何去判斷高度為何？這也是我們專題研究的方向與目標。

一、引言

人類視覺系統主要的感覺器官是眼睛接收光，其構造與照相機非常類似，眼皮視同鏡頭蓋，水晶體視同鏡頭，瞳孔視同光圈，視網膜視同傳感器，鞏膜視同機身..等比喻。會有成像系統之原因:虹膜(iris)根據光刺激眼睛的程度擴張與收縮瞳孔(pupil)，控制進入的光量；水晶體(crystalline lens)透過毛狀體肌肉來控制水晶體的厚、薄分別對近及遠距離對焦；光繼續通過玻璃液折射，倒影在視網膜(retina)上，然後視網膜上的感光細胞利用光色素去吸收可見光，除了提供清楚的影像外並轉換為神經能量，去刺激視神經後傳遞至腦部闡釋為視覺資訊。

我們人眼視差通常都用雙鏡頭去觀測一個

二、系統架構與實驗設備

表 2-1 鏡頭規格

型號	MK2514-C
焦距	25mm
適用感測器	2/3 水平 8.8mm*垂直 6.6mm
F 值調整環	1.4/2.0/2.8/4.0/8.0/16.0
濾鏡尺寸	M30.5*P0.5mm

表 2-2 傳感器規格

型號	BU1203MC
像素	1200 萬像素
分辨率	4000H*3000V
最大幀速 率	30fps

如圖 2-1 表示，本專題重點是影像處理，所以待測物的光源及拍攝環境也是相當重要的變因。

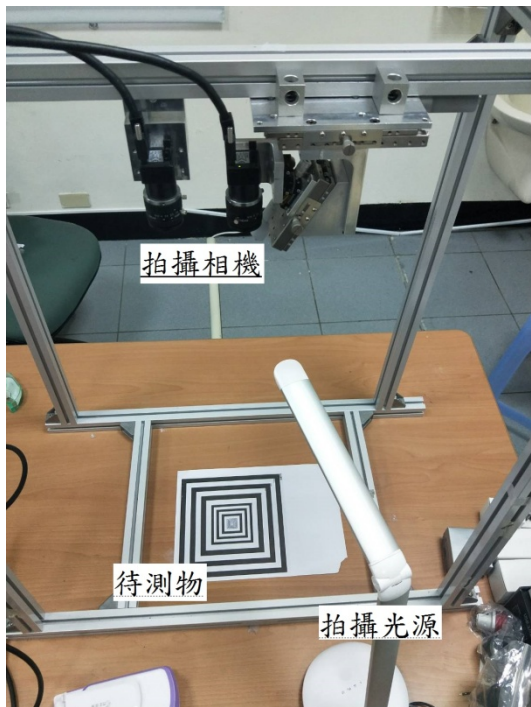


圖 2-1 整體架構

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，且其中大多數均為測試、量測、或控制上應所必須用，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，並運用多種方法去完成簡單作業，因此使用者可以依據需求去決定其應用特性。

NI Vision Assistant

Vision Assistant 是擷取影像之後，接下來就要處理影像，讓我們擷取出的影像能夠透

過。就目前的演算法選項來說，往往得透過程式設計語言不斷測試並犯錯，才能找到正確的工具，不僅曠日費時，更毫無效率可言。因此，您需要一款足以因應多數演算法的視覺軟體工具。

NI MAX

NI MAX 是以擷取影像為主，也就是類比輸入的畫面，介面上可以選擇擷取的通道與方式、資料輸入的模式。

三、研究方法與內容

將基體架構設置完畢，必確認相機與觀測物之間的工作距離，確認出 65 公分至 70 公分為最佳觀測距離，將雙鏡頭距離模擬成人雙眼的距離平均在 6.5cm 左右。本次使用的相機能夠手動對焦可以彌補觀測物體時，看不清楚物體問題。

拍攝物體一開始使用的軟體則使用 NI MAX 基於存檔繁瑣和容易受外界因素影響而且不能同時拍攝影像，導致拍攝畫面產生些微誤差，之後我們使用 LabVIEW 撰寫出一個能夠同時拍攝的程式，能將拍攝圖片同時還能儲存檔案能將外界影響降到最低。

專題指導師給我們一個參考程式，能進行計算深度與高度，計算視差圖的標準方法是用簡單的區塊匹配 (Block Matching)。我們選擇右邊圖像中的 1 塊小區域，並在左邊圖像中搜索匹配最近的像素區域。

同理，當搜索右邊圖像時，我們從和左邊圖像的模板相同的坐標處開始，向左和向右搜索至最大距離。視差為右邊圖像的小區域和左邊圖像的最近匹配區域的中心像素的水平距離。

經研究發現再進行計算物體高度前必須先取基準平面，採用平面圖為 (圖 3-1)，並使用 Vision Assistant 將圖片加強對比值 (圖 3-2)，以方便抓取座標，此圖座標範圍依 50mm 遞減

5mm，選擇 50mm 會造成內部方型對不準造成誤差，選擇 20mm 會造成外部方型造成誤差，經實驗後 30mm 造成的誤差會是最小。



圖 3-1

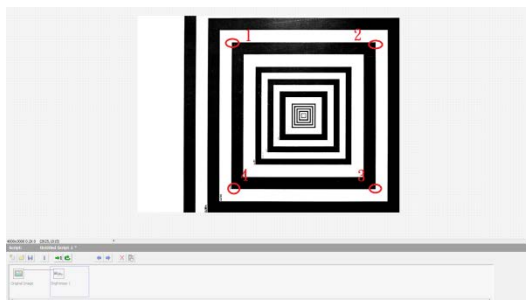


圖 3-2

當我們利用左右鏡頭得到兩張圖像和找出適合座標時，即可放入程式內運算得到平面灰階（圖 3-3），當我們座標物差過大或是兩鏡頭沒有對好就會得出雜訊多的視差圖（圖 3-4）



圖 3-3



圖 3-4

觀測物的選擇：採用特徵重複性不高的物體或特徵為優先考量，因為要找到這樣的物體有難度，我們想到用不規律的亂碼圖放在物體上或許能達到我們所期待的結果，一開始使用（圖 3-5）並將這張圖做成 4 種不同高度的立方體（圖 3-6），分別為 2、4、8、10 公分高，分別拍攝後，結果只能計算出黑線邊界的視差高度，無法呈現整張圖片的高度，如此對於高度的參考值有限不能得知是否是在同一平面產生出來的視差圖。



圖 3-5

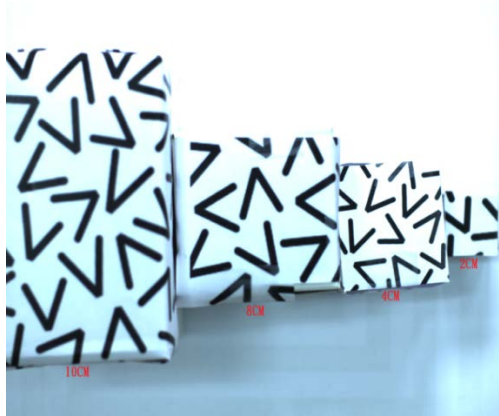


圖 3-6

之後的選擇選用更密集的亂碼圖(random pattern)優點是程式在計算時，不容易找到同樣的特徵產生誤差。

我們將 1280*1280(pixels)的亂碼圖分別以 100DPI、75DPI、50DPI(圖 3-7)下去做測量，不同的 DPI 必須使用合適的 SADWindowSize 去做計算

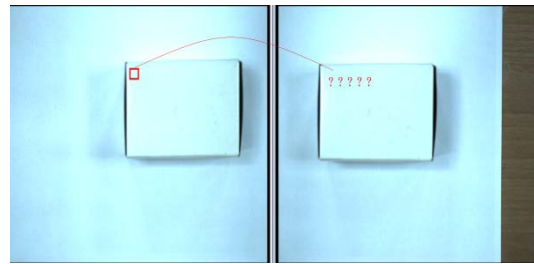


圖 3-7

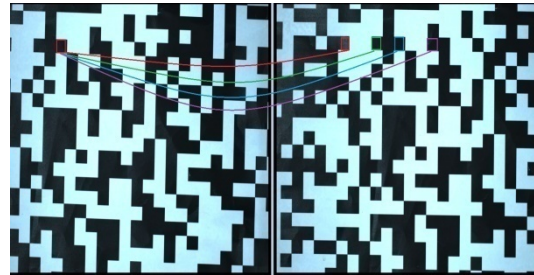
所謂 SADwindow size 是以亂碼圖區塊特徵大小去匹配該影像區塊的像素大小。

以下幾種情形會影響匹配精準

(1)特徵不明：

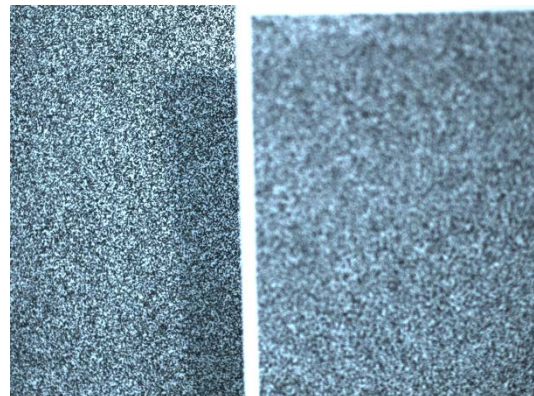


(2)特徵重複：



(3)特徵模糊：

高度差距過大，導致景深問題，無法同時拍攝。



四、結果與討論

表 4-1 100DPI

高度	WindowSize	灰階值
結果 1		
3mm	41	19±5
6mm	41	28±5
9mm	41	37±5
12mm	41	45±5
15mm	41	55±5
18mm	41	63±5
結果 2		
3mm	45	11±5
6mm	45	31±6
9mm	45	36±10
12mm	45	42±8
15mm	45	58±8
18mm	45	76±9

表 4-3 50DPI

高度	WindowSize	灰階值
結果 1		
3mm	49	15±5
6mm	49	25±5
9mm	49	42±5
12mm	49	48±5
15mm	49	57±5
18mm	49	65±5
結果 2		
3mm	53	27±7
6mm	53	36±10
9mm	53	39±11
12mm	53	62±10
15mm	53	72±9
18mm	53	81±10

表 4-2 75DPI

高度	WindowSize	灰階值
結果 1		
3mm	45	16±5
6mm	45	25±5
9mm	45	37±5
12mm	45	43±5
15mm	45	56±5
18mm	45	64±5
結果 2		
3mm	49	12±8
6mm	49	35±10
9mm	49	40±7
12mm	49	57±5
15mm	49	72±8
18mm	49	88±7

1. 光的照射好壞會直接影響到取影品質，好的光照不但可以凸顯觀測物的紋路、特徵、減少影像雜訊，去除死角。

2. Vision Assistant 程式中找座標點的重要性，座標會影響 LabView 程式中計算灰階值的亮度多寡。

3. 找尋適合的 SADWindowSize 去匹配不同 DPI，越高的 DPI，需用到越小的 SADWindowSize，越低則反之。

4. 離鏡頭越近，image 值越高；離鏡頭越遠，image 值越低。

五、致謝

我們要特別感謝指導教授李文宗，供研究設備讓我們完成本次專題成果，提供書籍與線上LabVIEW教學影片，透過影片教我們如何使用LabVIEW程式與建立基本光學元件的概念，耐心地教我們調整程式的方法與我們研究過程中的各種錯誤，讓我們受益良多。

還要感謝王星萌學長，自己有碩士論文需要完成，但他都還是會堅守在我們身旁督促我們專題研究進度，讓我們能夠如期完成本專題，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。

也要謝謝一起在同個實驗室的其他同學，每個人都有擅長的地方，遇到困難互相討論互相幫助，雖然做的東西不同，但也能藉此學習到本來學不到的知識，讓我們瞭解團隊合作的重要，否則就如同散沙；一根筷子容易彎，十根筷子折不斷，這就是團隊精神重要性的直觀表現，也是團隊精神中重要之所在，相信我們整個過程中不管是爭執、意見衝突將會變成是我們最為寶貴的回憶及收穫。

六、參考文獻

光之波長

(<http://web.nchu.edu.tw/pweb/users/ykchan/lesson/9079.ppt>)

人眼視覺系統

(<http://ip.csie.ncu.edu.tw/course/IP/IP1403cp.pdf>)

光與色彩

(<http://web.nchu.edu.tw/pweb/users/ykchan/lesson/9079.ppt>)

機械視覺自動化

(http://140.124.201.107/data/course/university_AutomaticProduction/venture_ch6.ppt)

成像光學元件

(出版:Edmund Optics Taiwan)

人眼視覺對立體影像之評估

(https://lms.cit.cyut.edu.tw/sys/read_attach.php?id=1965977)

雙眼立體認知模型

(<http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10524-2009015572.htm>)

LabVIEW 主題之夜

(<https://www.youtube.com/watch?v=WviuKGJJeG0&list=PLAoR-mhPYrPR0zaFvPOHf6HvfK1A9oM-w>)

基礎攝影光學

(http://www.bigeye.url.tw/big5/d_optics_tru.htm)

工業鏡頭延伸環倍率計算

(<http://bloggerkevinyu.blogspot.tw/2017/08/aoilensexextensionring.html>)

人眼視覺見到距離及深度的方式

(<http://murphymind.blogspot.tw/2017/01/seeing-distance-depth.html?m=1>)

傳感器尺寸

(http://www.360doc.com/content/09/0518/11/55615_3549407.shtml)

眼睛與成像

(<http://kcs.kcjh.ptc.edu.tw/~spt/computer/digital-image/theory.htm>)

七、附錄

Using Dual Lens to Simulate Human Visual System

Studying height disparity maps

students: Jun-Ze Zhan

Yi-Xuan Lin

Jia-hao Zhang

Department of Biomechatronics

Engineering of the National Pingtung
University of Science and Technology

Advisor : Dr. Wiston Lee

English summary

Our laboratory is based on Automatic
Optical Inspection,

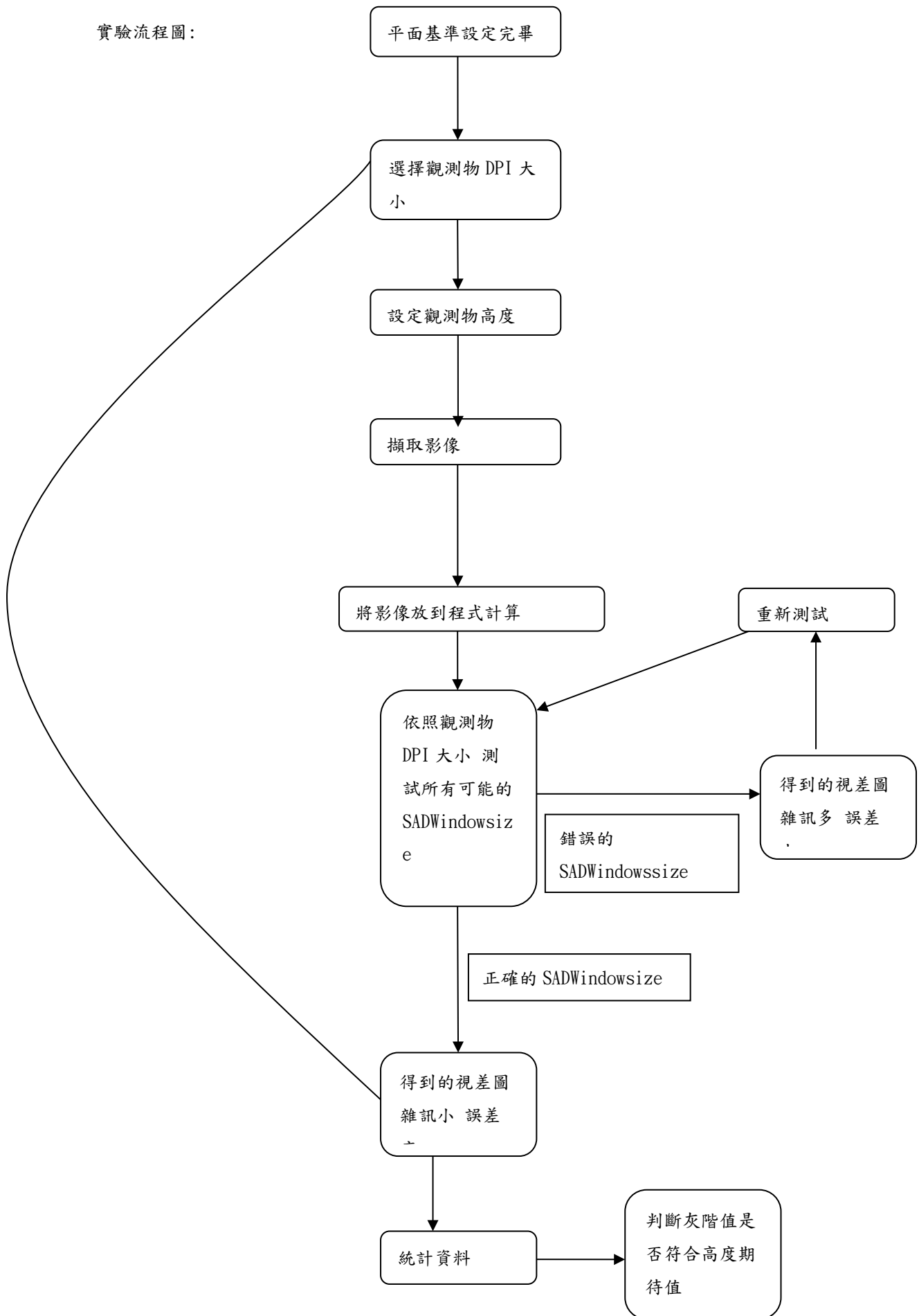
And this time we are discussing the
subject of human eye vision with stereo
disparity in the left and right eye,

before using the disparity map made by the
left eye and right eye to judge the height,
we must comprehend the resolution of lens
characteristic of CMOS, and the resolution
of observations.

And put each picture into the program to
do calculations,

the resulting grayscale disparity to
observe the height of the observations.

實驗流程圖：



有無雨刷攝影機拍攝影像模糊度比較

學生姓名：江愷恩、賴建宏、馬嘉璟

指導老師：謝清祿 博士

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

攝影鏡頭在現今的世界被廣泛運用在我們的生活當中，可以無需耗費人力做長時間的影像蒐集，且可以隨時隨地觀看監視影像的特性。本專題於港口旁加設攝影鏡頭的可行性與攝影系統的穩定性，於海邊作業時的天氣變化以及其他外在影響因素中對鏡頭的影響。首先將加裝雨刷與未裝雨刷的攝影鏡頭錄製好的影片於一日當中不同時段個別截圖，分別為攝影全景與測試色板截圖，在 MATLAB 當中進行影像模糊度分析，從獲得到的數據上比較影像是否模糊，隨著一日當中不同時段，日照長短、天氣變化對鏡頭影響的模糊度也不盡相同，並再將長日累積出來的各時段模糊度分析統合，由數據分析出來的數值曲線判別雨刷改善模糊的情況，在原圖比較下，有雨刷會比無雨刷模糊度較高，而在截圖的比較下，有雨刷比無雨刷較為清晰；以及探討未加裝雨刷鏡頭的錄影品質隨著時間增加而改變的情形，比較得證出兩個鏡頭之間兩者不同的差異。

一、引言

現今科技日新月異，現在人們對於攝影機需求日益遽增，從標清到高清跨越，現在的 4k，未來的 8k，實現了影像監視從「看得見」到「看得清」的轉變。而高清的作用不僅止於此，高解析度的影像畫面，不僅能夠讓人類看得更清楚外，也能讓機器「看」得更加清楚，從中讓機器更容易讀懂畫面中的內容，更精準的提取出人們所需要的有效訊息。

智慧分析和影像結構化的過程，也是智慧和大量數據應用的基礎。智慧分析的準確率與智慧算法、設備性能等很多因素相關，而高清的影像源永遠是最基礎、最具決定性的因素。

機器視覺[1]是配備有感測視覺儀器的檢測機器，可用於測量物體尺寸大小，辨識特定物體、人或者圖像。隨著

目前的技術發展，機器視覺可快速獲取大量訊息，而且易於自動處理，特別在於處理大量物品中，用人工檢測的效率低且精準度不易掌控，用機器視覺檢測可大大提升效率和生產的自動化程度，以及高度訊息整合。從機器視覺的主要架構來看，可分為影像的擷取、影像的處理和分析、輸出或顯示三大步驟，在要求自動化、精準化以及高速化的前提之下，在機器視覺技術的影像擷取，例如解析度、像素大小很重要，但本專題於海邊的實驗，不像一般情形下的穩定，有著許多外在因素的改變，可能會使得影像變得模糊，但人眼辨識可能因為個人主觀意識的不同，而對於模糊影像的定義也不盡相同，沒有客觀的基準比較，反觀於如用影像處理的技術來分析模糊度，有著客觀的依據，更能有效管理影像的品質，控制影像模糊程度的範圍，大大提高機器視覺辨識的成功率。

影像是否模糊、模糊程度為何，可以透過演算法[2][3]得知，清晰的影像呈現明確的邊緣變化，相鄰的像素間其灰階值的差異性或梯度值[4]越大，模糊影像當中則無這些現象，使用高通濾波器[5]的頻域濾波[6]方法，求得影像高頻資訊，則可以將這些資訊作為影像清晰或模糊的根據，一個清晰的影像，高頻能量大所得的影像清晰度高，模糊影像則高頻能量低所得影像清晰度低，其中論文[7]中提到幾個模糊估測的方法，非參考式邊緣峰態模糊估測：此方法先用 Canny 邊緣偵測[8]找邊緣點，再由邊緣點從梯度影像找相鄰兩邊最小值，兩者間距，代表此邊緣的寬度（寬度越小，越銳利），求得平均寬度後計算數值，影像越銳利表示數值越小。感知模糊估測：在偵測影像時，先經過邊緣尋找，然後用門檻值把雜訊和不明顯區域去除掉，再來找邊緣的起始點與結束點，兩者的距離就是模糊度。

於期刊論文[9]中提到，其中影像差異值法的運算方式包括 Amplitude、Variance、Squared Gradient 和 Sum-Modules-Difference，而影像梯度值法的運算方式包括有 Tenengrad 和 Laplacian。然而這些演算法都有大量的影像資料需要運算，所花費的時間較長，造成對焦系統

速度慢的不良效率。因此運用調制轉換函數 (Modulation Transfer Function, MTF) 檢測鏡頭解像力的空間頻域觀念，來代表影像的對比度和銳利度，快速求得影像的清晰度值，由於 MTF 運算只使用加法與減法，有效的減少影像計算量因而提升清晰度演算法的計算速度。

在影像處理方面已經有許多計算模糊度的方式，並無一定要使用特定方式來計算模糊度，因此我們可以更有效率地計算出客觀的影像模糊度，統計各方式計算得的模糊度值，將所有數據進行交叉比對，最後求得數據最客觀之模糊度。

本實驗是要測試有無雨刷攝影機之差異，使用 MATLAB 軟體進行分析模糊度，我們會期望具有清潔效果的雨刷攝影機所呈現的效果會比較好，但光用分析出來的模糊度無法有效說明兩者攝影機所拍攝的模糊差異為何，因此必須透過統計學 T 檢定分析收集到的模糊度數據，T 檢定出來的結果 p 值雙尾 <0.05 表示有顯著差異，p 值雙尾 >0.05 為無顯著差異，並且表示成表格，以便更容易了解各時段的模糊比較情形。

本研究目的如下

1. 應用有無清潔雨刷護蓋的兩台攝影機並於港口拍攝所需影像
2. 利用 MATLAB 分析有無雨刷影像的模糊度
3. 利用統計檢定比較有無雨刷影像的模糊差異

二、研究內容與方法

拍攝時間:2017/5/12~6/23 和 2017/9/15~11/22

拍攝地點:國立東港海事水產職業學校(靠近東港海港，參考圖 1)



圖 1 位置地圖

(1) 實驗器材



圖 2 有雨刷攝影機 型號:HM-AF35X51B



圖 3 無雨刷攝影機 型號 EHD935F



圖 4 PLC 型號 FBS-20MAR2-AC



圖 5 錄影主機 型號:EMV400 FHD

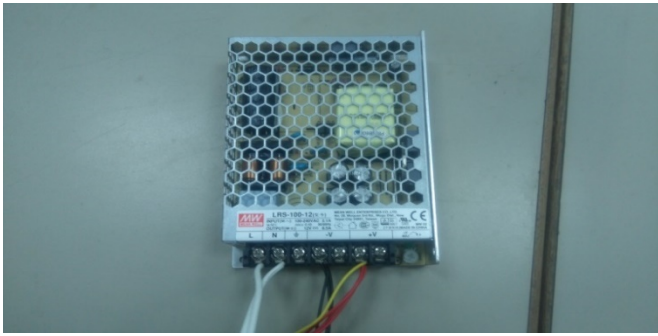


圖 6 電源供應器 型號:LRS-100-12

(2) 拍攝方式和資料收集

使用攝影機進行錄影，並分為有雨刷攝影機和無雨刷攝影機兩種，所拍攝影像中包含本身的背景以及我們所準備的色票，而雨刷作動是以 PLC 控制時間設為 6 點 30 分，將全天的拍攝影片分時段進行截取，每段時間皆為 1 分鐘，分別為 6 點 30 分、7 點 00 分、12 點 00 分、15 點 00 分、20 點 00 分，作為我們所使用的資料，其中雨刷動作時間點為抽樣收集。

雨刷樣本

日期	內容
2017/05/25	6 點 30 分 33 秒雨刷動作
2017/09/16	6 點 30 分 50 秒雨刷動作
2017/09/22	6 點 30 分 51 秒雨刷動作
2017/09/23	6 點 30 分 49 秒雨刷動作
2017/09/29	6 點 30 分 35 秒雨刷動作
2017/09/30	6 點 30 分 32 秒雨刷動作
2017/10/06	6 點 30 分 18 秒雨刷動作
2017/10/07	6 點 30 分 15 秒雨刷動作
2017/10/13	6 點 30 分 00 秒雨刷動作
2017/10/14	6 點 29 分 58 秒雨刷動作
2017/10/20	6 點 29 分 42 秒雨刷動作
2017/10/21	6 點 29 分 39 秒雨刷動作
2017/10/27	6 點 29 分 23 秒雨刷動作
2017/10/28	6 點 29 分 21 秒雨刷動作
2017/11/03	6 點 29 分 05 秒雨刷動作
2017/11/04	6 點 29 分 00 秒雨刷動作
2017/11/10	6 點 28 分 43 秒雨刷動作
2017/11/11	6 點 28 分 43 秒雨刷動作
2017/11/17	6 點 30 分 57 秒雨刷動作
2017/11/18	6 點 30 分 53 秒雨刷動作
2017/11/22	6 點 30 分 43 秒雨刷動作

(3) 本實驗影像分析方式

將所有截取影片進行截圖取 3 張圖秒數為隨機，而有雨刷作動之時段在分為作動前與作動後各截取 3 張，影像檔案類型為 JPG，檔案像素由 RGB 色域組成，圖片的大小為 813×540，而且為了去除可能的外在因素影響，也將原圖去除背景裁切只留下純色票之影像大小為 254×168 的截圖進行對照，然後使用 MATLAB 軟體 blurMetric.m[10]進行影像的模糊度分析和 testBlurMetric.m 進行讀取檔案，將影像彩色及灰階的模糊度以數值表現，數值靠近 0 為清晰，靠近 1 為模糊，最後將所有得到的資料進行 T 檢定 [11][12]，來判別有雨刷攝影機和無雨刷攝影機所拍攝圖像是否有顯著差異。



圖 7 無雨刷原圖



圖 8 有雨刷原圖

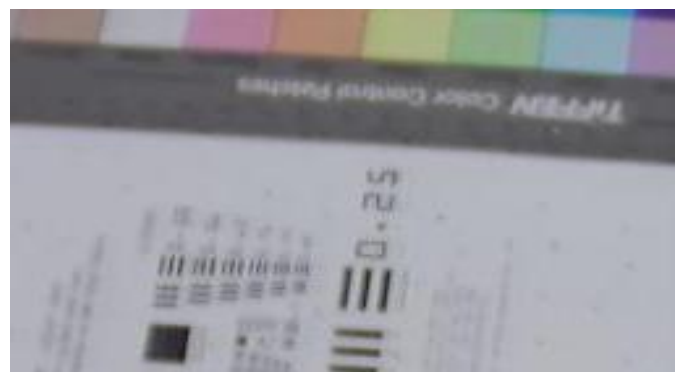


圖 9 無雨刷截圖



圖 10 有雨刷截圖

(4) 分析流程圖和說明

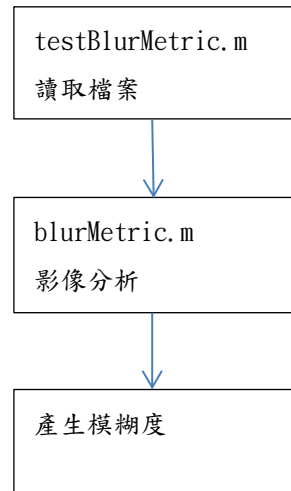


圖 11 流程圖

1. 在 testBlurMetric.m 中輸入原圖或截圖的檔名讀取檔案。
2. blurMetric.m 將 testBlurMetric.m 中輸入之影像定義行向量及列向量。
3. 將輸入之影像模糊，使用濾波處理。
4. 依原圖像素大小、原圖模糊後像素大小把 x 軸、y 軸第一點為基準，從 x、y 軸第 2 點將所有行、所有列進行相減。
5. 將第 4 項所得之所有行及所有列的值相減並和 0 做大小比較，取較大之數值。
6. 依原圖及原圖減去模糊原圖之水平、垂直變化，去除掉座標 (1, y)、(x, 1)、(max, y)、(x, max) 之範圍 (即圖像外圍)，將所有行以及所有列之陣列進行二次加總。
7. 將原圖及原圖減去模糊原圖之水平變化量及垂直變化量各自相減，並除以原圖減去模糊原圖二次加總值，取數值較大者，該數為圖像模糊度。
8. 最後將得到之模糊度以數值顯示於 MATLAB 視窗。

統計檢定

進行統計分析時候，會提出虛無假設和對立假設，虛無假設通常是研究者欲推翻之統計假設，當虛無假設不成立，則接受對立假設的結果，那我們的實驗是有無雨刷攝影機拍攝影像模糊度比較，所以虛無假設是認為二者無差異，藉由 t 檢定之 p 值判斷二者是否有顯著差異，如果有便推翻虛無假設，接受對立假設之結果為二者有差異。

分析因子

1. 有雨刷和無雨刷之差別
2. 雨刷作動前後之差別
3. 原圖和截圖之差別
4. 彩色和灰階之差別
5. 分為各個時段

利用上述分析因子產生如下表格，並根據其狀況使用不同的 T 檢定進行比較，由 p 值 ($T < t$) 雙尾來判斷是否有顯著差異，p 值雙尾 ≤ 0.05 表示有顯著差異，p 值雙尾 > 0.05 為無顯著差異。

三、結果與討論

(1) 曲線圖走勢

以下曲線圖為彩色圖像各時段原圖與截圖有無雨刷模糊度之比較，有些時段單於曲線圖的走勢方面，曲線相當的接近，用肉眼難以清楚判定，因此在曲線圖之後加上 T 檢定的分析數據表格來加以說明表示客觀的模糊度數值，比較模糊度是否有明顯差異。

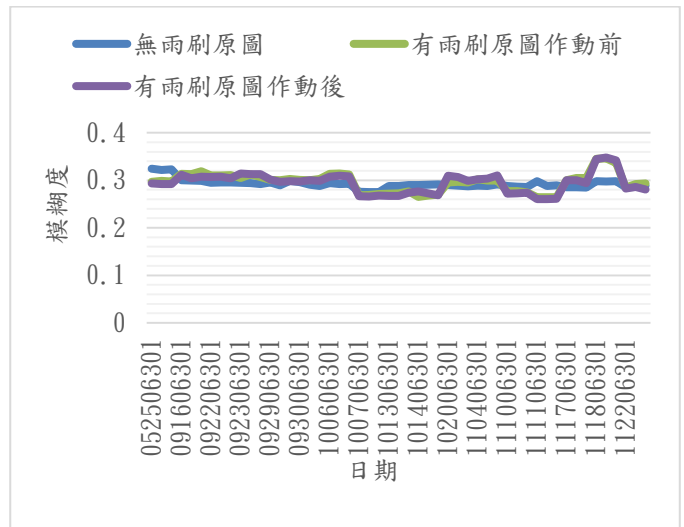


圖 12 06:30 有無雨刷原圖比較

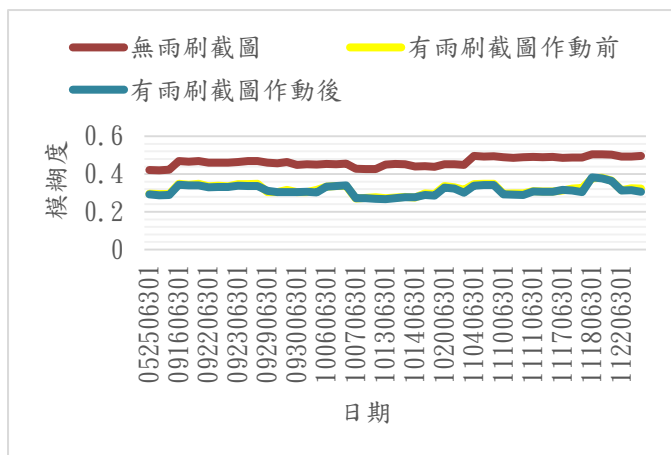


圖 13 06:30 有無雨刷截圖比較

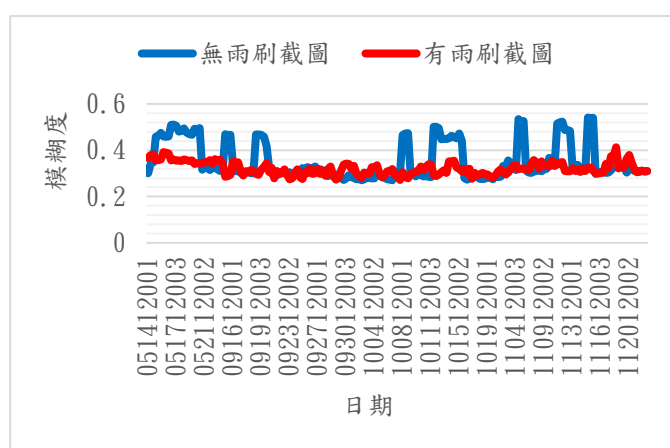


圖 17 12:00 有無雨刷截圖比較

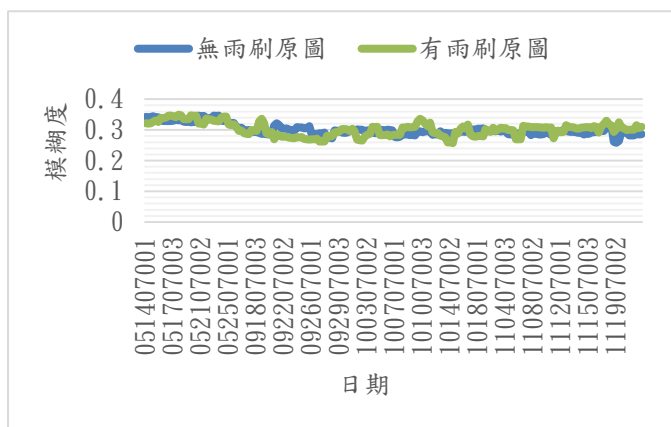


圖 14 07:00 有無雨刷原圖比較

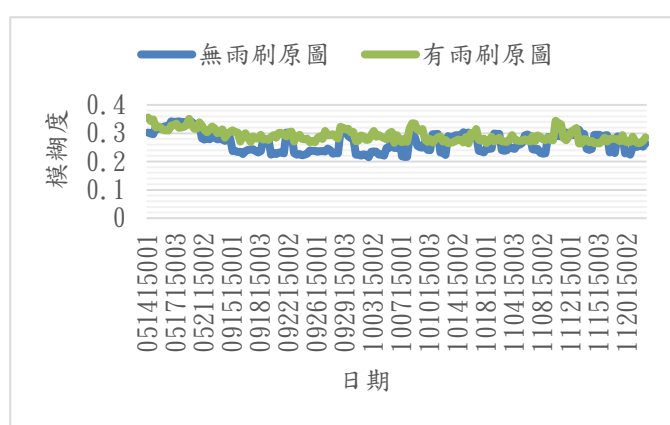


圖 18 15:00 有無雨刷原圖比較

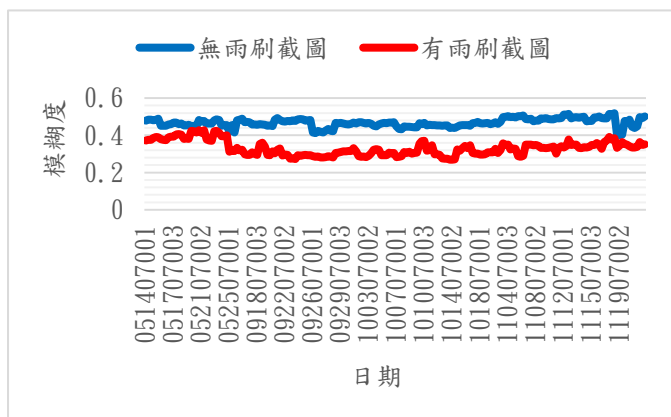


圖 15 07:00 有無雨刷截圖比較

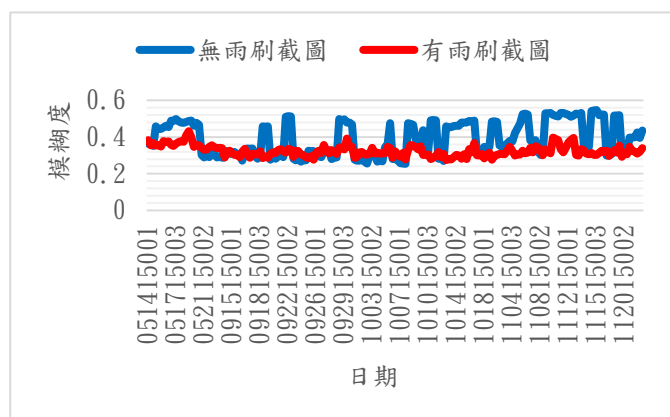


圖 19 15:00 有無雨刷截圖比較

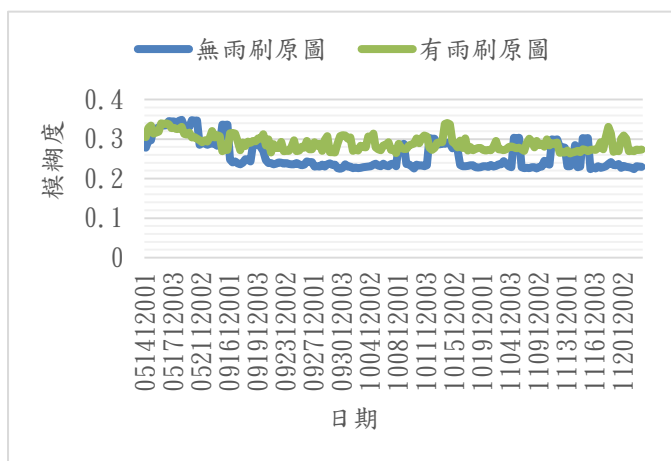


圖 16 12:00 有無雨刷原圖比較

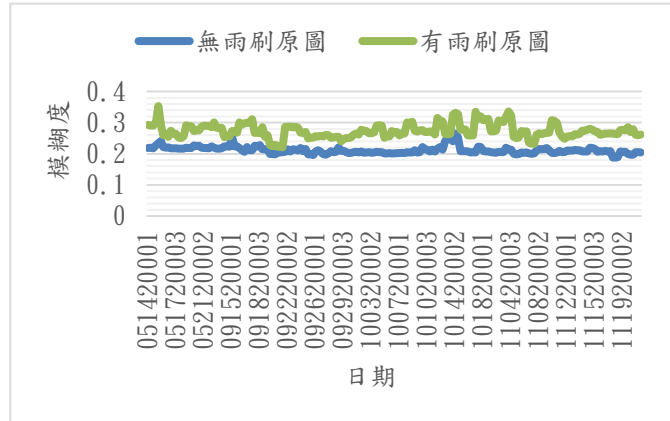


圖 20 20:00 有無雨刷原圖比較

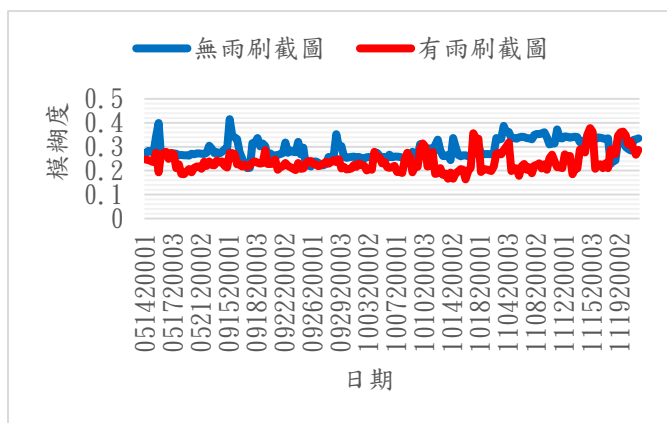


圖 21 20:00 有無雨刷截圖比較

(2) 分析之平均數

時間	名稱	原圖	截圖
06:30	有雨刷作動前	0.318±0.03	0.313±0.03
	有雨刷作動後	0.296±0.02	0.294±0.02
	無雨刷	0.285±0.02	0.465±0.02
07:00	有雨刷	0.302±0.02	0.330±0.04
	無雨刷	0.293±0.02	0.467±0.04
12:00	有雨刷	0.288±0.02	0.322±0.03
	無雨刷	0.252±0.04	0.351±0.08
15:00	有雨刷	0.288±0.02	0.324±0.03
	無雨刷	0.260±0.04	0.388±0.09
20:00	有雨刷	0.275±0.02	0.236±0.04
	無雨刷	0.210±0.01	0.290±0.04

表 1 分析之平均數

T 檢定：成對母體平均數差異檢定		
	有雨刷截圖 作動前	有雨刷截圖 作動後
平均數	0.318	0.313
變異數	0.00075	0.00076
觀察值個數	51	51
皮耳森相關係數	0.979	
假設的均數差	0	
自由度	50	
t 統計	6.325	
P(T<=t) 單尾	3.41E-08	
臨界值：單尾	1.676	
P(T<=t) 雙尾	6.82E-08	
臨界值：雙尾	2.0086	

表 2 有雨刷截圖作動前後比較

T 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等		
	無雨刷原圖	有雨刷原圖
平均數	0.293	0.302
變異數	0.00057	0.000426
觀察值個數	240	240
皮耳森相關係數	0.0005	
假設的均數差	0	
自由度	478	
t 統計	-4.172	
P(T<=t) 單尾	0.000018	
臨界值：單尾	1.65	
P(T<=t) 雙尾	0.000036	
臨界值：雙尾	1.96	

表 3 有無雨刷原圖比較

(3-1) T 檢定分析結果統整

時間	比較	P 值	顯著 差異	較為清晰
6:30	有雨刷截圖作動前	P< 0.01	有	有雨刷截圖作動後
	有雨刷截圖作動後			
	有雨刷原圖作動前	P=0.042	有	有雨刷原圖作動後
	有雨刷原圖作動後			
	無雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖作動前			
	無雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖作動後			
	無雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖作動前
	有雨刷截圖作動後			
	有雨刷原圖作動前	P< 0.01	有	有雨刷原圖作動前
	有雨刷原圖作動後	P< 0.01	有	有雨刷原圖作動前
	有雨刷截圖作動後			
	無雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖			

(3-2)彩色和灰階比較

07:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷原圖

12:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷原圖

15:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷原圖

20:00	無雨刷原圖 有雨刷原圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	無雨刷截圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖
	無雨刷原圖 無雨刷截圖	P< 0.01	有	無雨刷原圖
	有雨刷原圖 有雨刷截圖	P< 0.01	有	有雨刷截圖

時間	比較	P 值	顯著 差異	較為清晰
7:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P=0.33	無	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P< 0.01	有	有雨刷彩 色原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.66	無	無雨刷彩 色截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P=0.57	無	有雨刷灰 階截圖

12:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P=0.08	無	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P=0.1	無	有雨刷彩 色原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.87	無	無雨刷彩 色截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P=0.49	無	有雨刷灰 階截圖

15:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P=0.052	無	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P=0.78	無	有雨刷灰 階原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.85	無	無雨刷彩 色截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P=0.47	無	有雨刷灰 階截圖

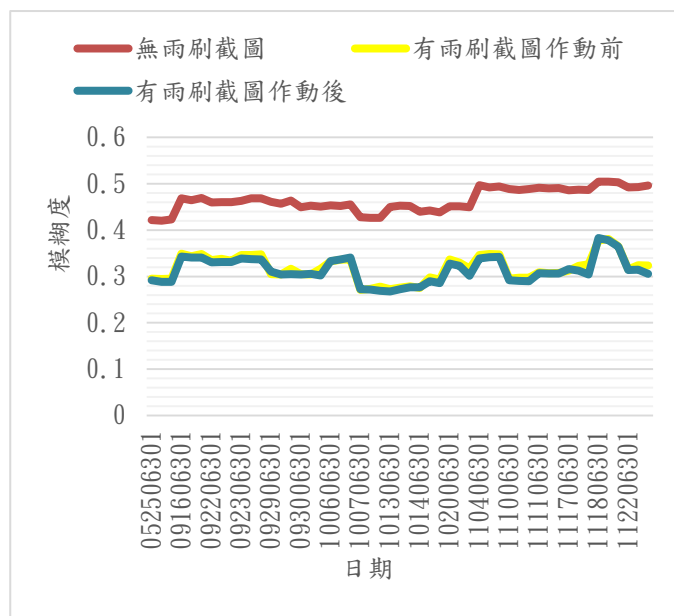
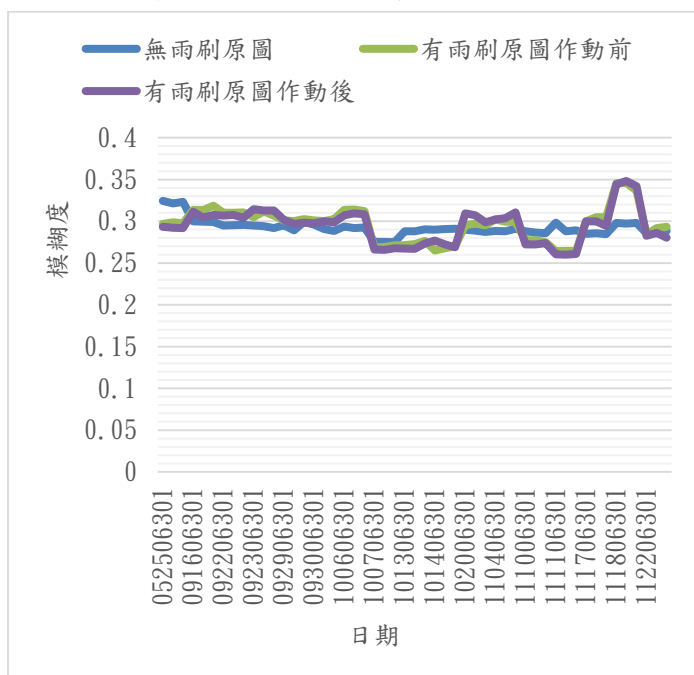
20:00	無雨刷灰階原圖 無雨刷彩色原圖	P< 0.01	有	無雨刷灰 階原圖
	有雨刷灰階原圖 有雨刷彩色原圖	P< 0.01	有	有雨刷灰 階原圖
	無雨刷灰階截圖 無雨刷彩色截圖	P=0.17	無	無雨刷灰 階截圖
	有雨刷灰階截圖 有雨刷彩色截圖	P< 0.01	有	有雨刷灰 階截圖

(4) 影像損壞和不使用部分

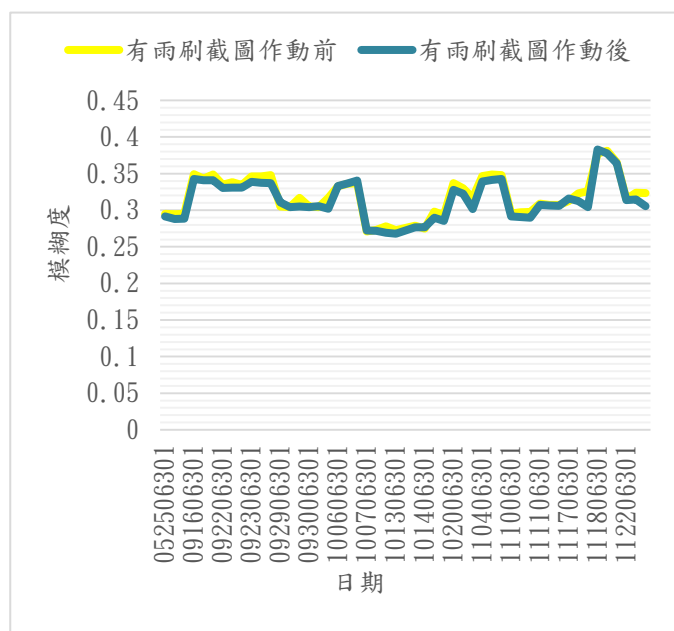
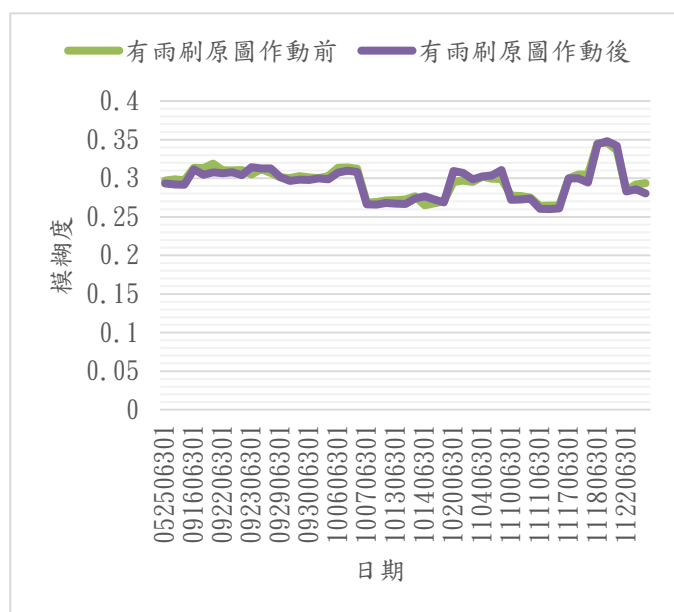
日期	內容
2017/05/12~05/13	架設設備後，拍攝之目標物發生傾斜，所以直接採用 5/14 後已傾斜之檔案。
2017/05/27~06/08	可能是連日下雨使錄影設備異常，皆無錄影資料。
2017/06/09~06/23	能使用之檔案不多，所以捨棄不使用。
2017/10/20~11/03	無截圖資料，因色票損毀，於 11/3 12 點後恢復。
2017/11/05	12 點 00 分無雨刷檔案損毀，原圖、截圖皆無檔案。
2017/11/18	15 點 00 分無雨刷檔案損毀，原圖、截圖皆無檔案。

(5) 比較之結果

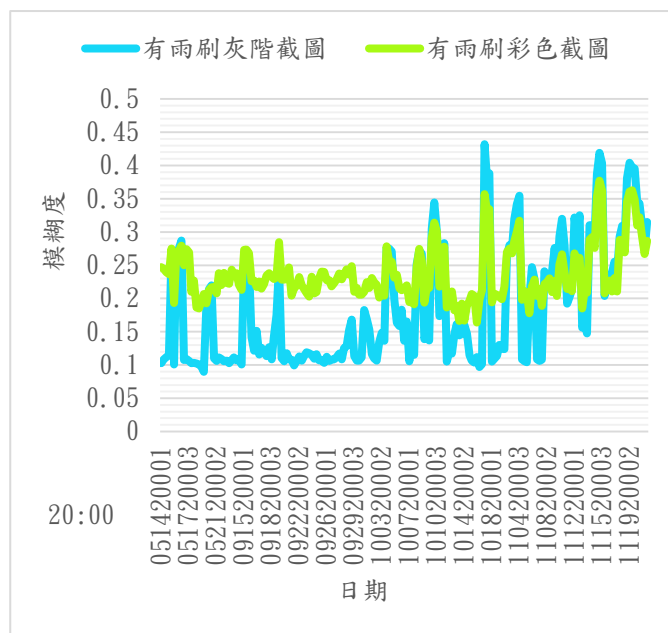
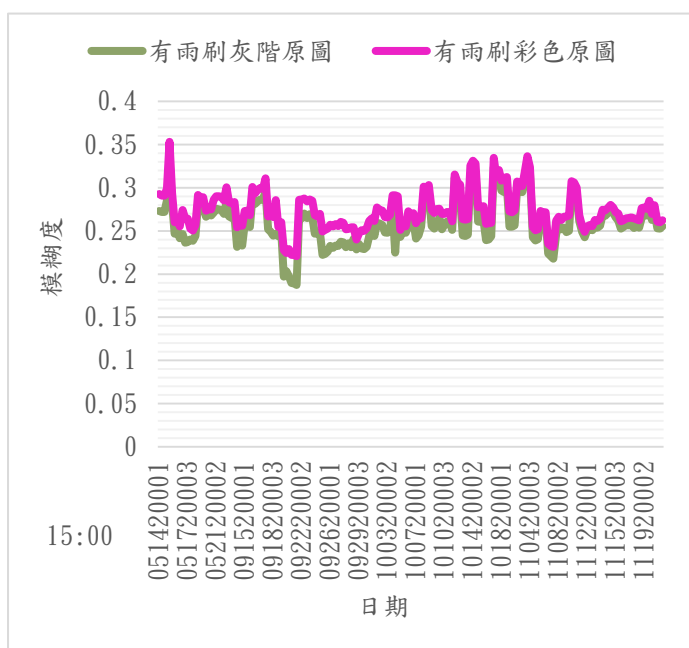
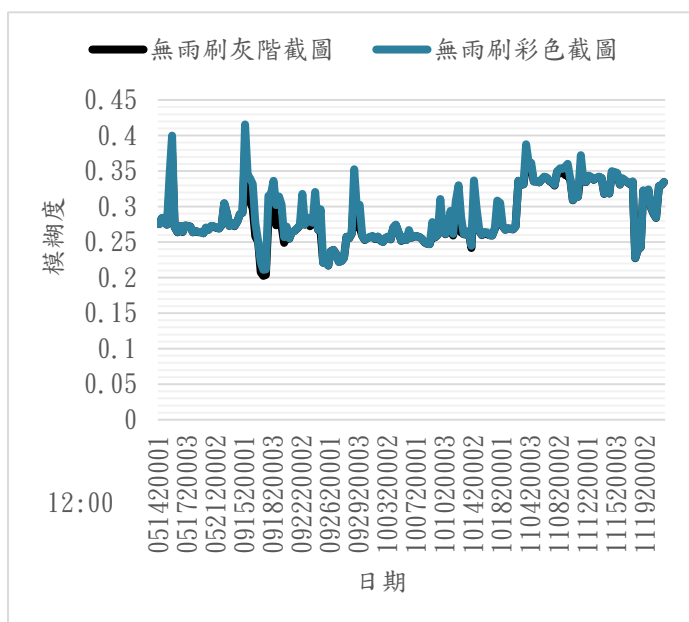
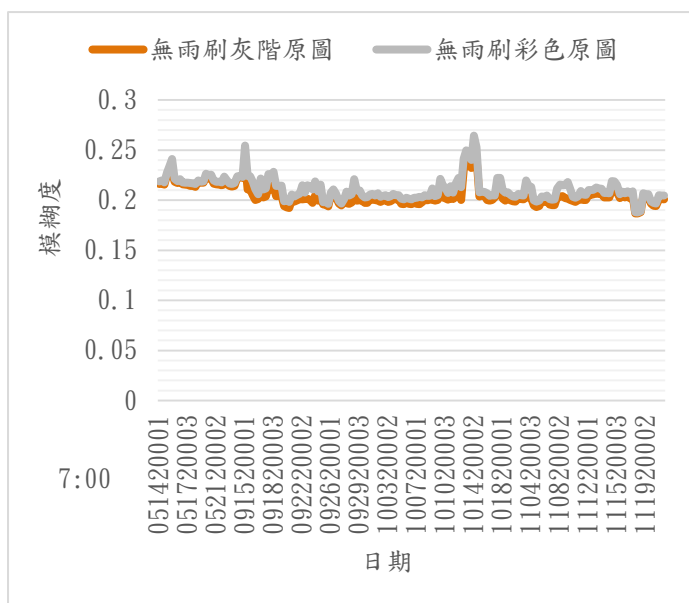
1. 在原圖比較下，無雨刷會比有雨刷較為清晰，而在截圖的比較下，有雨刷比無雨刷較為清晰。



2. 在雨刷作動前後的比較下，原圖和截圖都是作動後較為清晰。



3. 在灰階和彩色的比較下大多數為無差別，晚上 8 點之時段皆是灰階較清晰。



在原圖比較下，有雨刷會比無雨刷模糊度較高，而在截圖的比較下，有雨刷比無雨刷較為清晰；在截圖的情況下，由於截圖的部份是我們所要的色票部分，所以正常的情况下，鏡頭被雨刷刷過之後較為清晰，較為理想。在原圖的部分，可能是因為攝影機的性能、拍攝距離以及一些外在的環境影響，拍攝的部分包括到背景，然而有無雨刷攝影機所拍到背景之干擾因素不同，導致在原圖的比較下，有雨刷的部分是較為模糊的。

在彩色及灰階的比較，晚上 8 點是灰階影像較清晰，認為是在光線不足的狀態將圖像轉灰階能夠增強影像的模糊辨別，所以得到的數值較為清晰。

對本次實驗的改善，有雨刷攝影機應該要定期去做清潔雨刷，使清潔效果保持，避免雨刷上的髒污使鏡頭模糊，讓實驗結果增添變數，影像損毀部分，多是因為下大雨的關係且防水措施不完善導致錄影設備無法順利運作，因此我們在經歷梅雨季這段時間後，在各線路接頭上用防護套加強了防水功能，並將電線重新固定與排列整齊，在考慮到暑假是颱風旺季的前提之下，容易降下豪大雨以及颶強風使得實驗設備的損壞，便暫停實驗待到開學後才重新進行攝影，因為有之前的經驗，於是開學後的實驗就比較順利，颱風旺季過去後，氣候穩定得以順利進行，因此我們認為改善防水措施及電線的擺佈顯得十分重要，本研究之攝影機線路於從 4 樓拉至 2 樓的錄影影像儲存主機，容易因風的吹動使線路拉扯導致接觸不良，討論出來的改善方式為加強線路連接的地方使其固定且套上防護套防水，將外在變動的影響降到最低，以便得到更多資料來分析。

四、結論

由實驗當中證明了，有加裝兩刷的攝影機，確實有改善影像模糊度的作用，在原圖上經過分析比較得到的結果，於原圖比較下，兩台攝影機在距離目標物相同距離的前提下，有兩刷攝影機所拍攝的廣角範圍較廣，因此影像中包含的場景等外在環境因素干擾較多，使得模糊度上升。但有兩刷攝影機在截圖的情況下做比較時，分析出的模糊度較低，影像清晰程度則較為理想，影像的截圖部分為本專題的主要核心拍攝物，也就是去除背景這些外在因素影響所拍之影像，則在探討主要拍攝物體的前提之下來判斷，可以透過 T 檢定得知，於有兩刷截圖和無兩刷截圖兩者進行比較，皆能看出兩者是有顯著差異，而且皆為有兩刷之截圖較為清晰，因此有兩刷攝影機對於本專題所需拍攝的目標物來說，其最終實驗出來的效果符合當初實驗前預設的理想實驗目標。

五、致謝

本專題能夠完成，首先要感謝我們組的指導老師謝清祿教授，於實務專題的這一年多來，不斷給予學生各種無論是學術上實務上的協助，由於未學習過影像處理及統計學相關課程，老師也在這方面於課餘的時間，額外做相關知識的指導，並且於實驗當中發生狀況時，透過機會教育培養學生解決問題的能力，深刻影響學生的處世態度與臨機應變的能力，幸好有老師的指教與引導，才可以讓學生不斷進步成長，為此致上最高的敬意與感謝。

另外還要感謝實驗室中的黃駿青學長，在我們對研究一無所知的時候，帶領著我們逐步去了解，並從旁給予我們協助與指導，讓我們可以更順利的完成實務專題，感謝駿青學長對於我們的協助及幫忙，讓專題變得更加圓滿。

感謝行政院農業委員會漁業署，對本計畫的經費支助及國立東港海事水產職業學校，在試驗場地上的提供與協助。

最後感謝父母親給予許多精神上的支持與鼓勵，在艱辛困苦中還能有動力繼續往前，另外感謝協助過本專題的每一個人，因為有大家的幫忙與照顧，才会有今天如此的成就。

六、參考文獻

[1] 陳奕安，2014，以機器視覺結合自適應類神經模糊系

統應用於草莓成熟度與果柄位置之辨識 (Combine Machine Vision Systems with Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Classify the Maturity and to Locate the Stem Position of the Strawberry)，碩士論文，國立宜蘭大學生物機電工程學系碩士班，宜蘭。

[2] 壹讀。2016。圖像濾波之高斯濾波介紹。中國：cnblogs。網

址：<https://read01.com/zh-tw/OAJR55.html#.WucXE4huZPY>。上網日期：2018-04-30。

[3] 壹讀。2015。Matlab 圖像處理系列 2—空間域平滑濾波器。中國：CSDN 博客。網

址：<https://read01.com/ORyo0B.html#.WucZC4huZPY>。上網日期：2018-04-30。

[4] Kaehler, Adrian/ Bradski, Gary, 2017, *Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ With the OpenCV Library*, Oreilly & Associates Inc, Sebastopol, pp. 207-213.

[5] 董長虹、賴志國、余嘯海，2004，*Matlab 圖像處理與應用*，國防工業出版社，北京，第 161-164 頁。

[6] Alasdair McAndrew，譯者 劉震昌，2005/06，*數位影像處理*，高立圖書有限公司，台北，第 110-115 頁。

[7] 陳佑丞，2012，基於非等方向性濾波分解架構的非參考式影像模糊度評估法 (A No-Refernce Image Blur Assessment based on Anisotropic Filtering decomposition Scheme)，碩士論文，逢甲大學 通訊工程所，台中。

[8] CSDN 博客。2012。Canny 邊緣檢測基本原理。中國：CSDN 博客。網

址：https://blog.csdn.net/rocky_shared_image/article/details/7238833。上網日期：2018-04-30。

[9] 鄭芳炫、毛新惟，2008，「快速影像式自動對焦技術研究_Research On Fast Image Based Auto Focus Technique」，國家圖書館 期刊文獻資訊網，第三卷，第一期，第 67-76 頁。

[圖 1] Google。2018。Google 台灣地圖。台灣：Google 台灣。網
址：<https://www.google.com.tw/maps/place/%E6%9D%B1%E6%B8%AF%E6%B5%B7%E4%BA%8B/@22.4653069,120.442065,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x6fd0a6795dc5974d!8m2!3d22.4653069!4d120.442065?hl=zh-TW>。上網日期：
2018-04-30

[10] The idea is from "The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric"

Cr. Roffet F., Dolmène T., Ladret P., Nicolas M. - GRENOBLE - 2007

In SPIE proceedings - SPIE Electronic Imaging Symposium Conf Human Vision and Electronic Imaging, United States of America (2007)

[11] Anita M. Meehan & C. Bruce Warner, 譯者 陳凱爾, 2001/03, *EXCEL 在統計學上的應用*, 五南圖書出版有限公司, 台北, 第七章及第八章第 65-78 頁。

[12] 賀力行、林淑萍、蔡明春, 2001, *統計學*, 前程企業管理有限公司, 台北, 第 327-371 頁。

Comparison of Image Blur Captured by with and without Wiper.

Student Name : JIANG, KAI-EN & LAI, JIAN-HONG & MA, JIA-JING

Instructor : Dr. HSIEH, CHING-LU

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Photographic lenses are widely used in our lives in today's world. They can do long-time image collection without consuming manpower, and can monitor the characteristics of surveillance images anytime and

anywhere. The feasibility of the addition of photo lenses and the stability of the photographic system at the port, the weather changes during the beach operations and other external influences have affected the camera. First of all, the video recorded with a camera lens equipped with a wiper and a non-mounted windshield wiper will be shot separately at different times of the day. These shots will be shots of panoramic photography and test swatches. Image ambiguity analysis will be performed in MATLAB and the data obtained will be obtained. Whether the images are blurred or not, the ambiguities of the impact of weather changes on the camera are different during different periods of the day, and the ambiguities of the effects of the weather changes are also not the same. Then, the ambiguity analysis of each period accumulated from the long day is integrated, and the data is analyzed. The curve discriminates the situation where the wiper improves blurring. Compared with the original image, the wiper will have a higher ambiguity than the wiperless wiper. Compared with the screenshot, the wiper is clearer than the wiperless wiper; and the quality of the wiper without the wiper lens is discussed. As time increases and changes, it turns out that there are differences between the two shots.

球拍維護及調整程式

學生姓名：B10444042 沈毓富

B10444024 黃柏欽

指導老師：吳瑋特老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題之研究目的是設計一個能在不破壞球拍線或沒有量測工具的狀況下，對球拍進行即時檢測的手機程式。首先使用 Android Studio 設計程式，程式中包含 MediaRecorder 做為錄音程式，再使用傅利葉轉換將頻率轉換為對應的球拍磅數，而頻率的來源則是不同磅數的球拍。

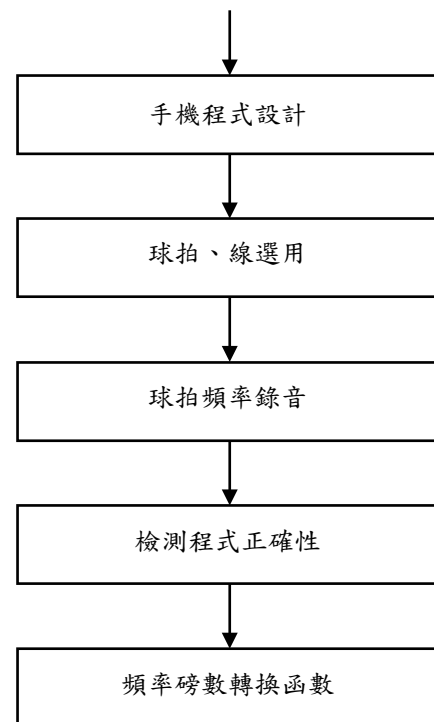
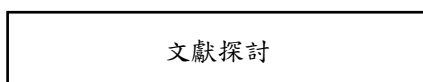
關鍵詞：球拍、錄音程式

一、前言

現在在市面上仍然沒有一種可以在不拆線的情況下方便檢測球拍拍線磅數的儀器，要檢測球拍就必須在穿線時做檢測，穿線完成後如果在使用期間檢測球拍拍線磅數，就需要攜帶測磅器，且測磅器原理是利用壓力檢測，檢測過後會與檢測前的磅數有誤差，本專題是希望透過使用捕捉聲音音頻的方式來達到不使檢測前後產生誤差的方法檢測拍線磅數。

二、研究內容與方法

2.1 製作流程圖



圖一 製作流程圖

2.2 文獻探討

羽球拍與傅立葉轉換相關文獻如下：

2.2-1 球拍拍型與甜區

本文參考球拍之拍型文獻，[1]現今主要的三種拍

型:1.卵形 2.頭部為方形的 ISO 拍型 3.玄面更大的加大 ISO 拍型。ISO 的設計使球拍比傳統拍形的甜區要大出 32%，而採用 ISO-MF 設計的球拍的甜區又比普通 ISO 要大一些，並不是拍頭越大就越好，拍頭的加大會帶來扭力和重量方面的負面影響。ISO 頭形又細分為兩種，一種拍頭變方的長度有 8 個線孔俗稱大方頭如 YONEX Ti-5、VICTOR LEADER 等，另一種有 6 個線孔又稱小方頭其拍框要略大一些如 YONEX Ti-6、Ti-8 等，其外觀不同，但使用性能沒有太大差異。

甜區即是球拍面的最佳擊球區。當擊球點在甜區時能給予球員足夠的擊球威力、控球性、震動感很小。甜區的大小對球員很重要，此區域能使球員更容易打出高質量的球。而決定甜區大小的最關鍵因素就是框形。



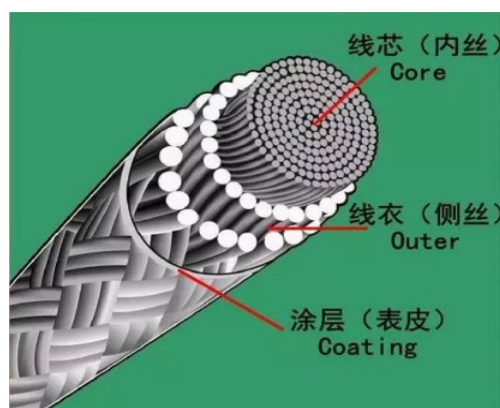
圖二 球拍拍框



圖三 甜區示意圖

2.2-2 羽球線的構造與規格

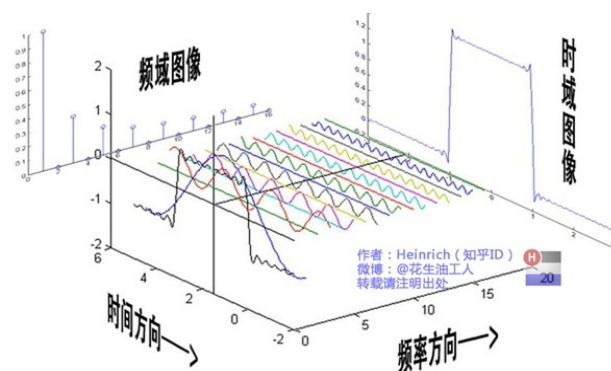
羽毛球線的結構包括兩個基本的組成部分，即線芯與線衣線芯承受拉力提供彈性，線衣包裹線芯，從外側防止磨損，並絕緣。目前拍線線徑範圍 0.6mm~0.8mm，以同一種材質做比對，線徑愈粗愈耐打，但彈性愈差；線徑愈細彈性愈好，但相對不耐打、易斷裂。



圖四 拍線構造

2.2-3 傅立葉轉換

[2]傅立葉變換是一種線性積分變換，用於信號在時域（或空域）和頻域之間的變換，實際上傅立葉變換就像化學分析，確定物質的基本成分；信號來自自然界，也可對其進行分析，確定其基本成分。



圖五 時域-頻域圖

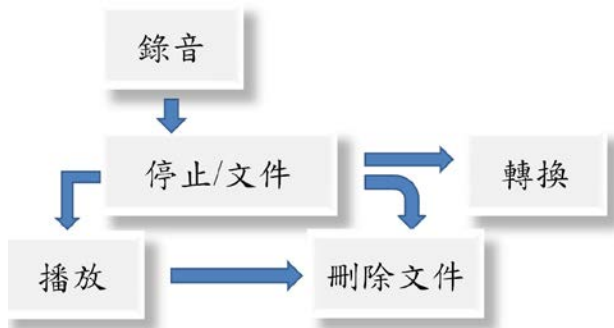
2.3 手機程式設計

2.3-1 Android Studio

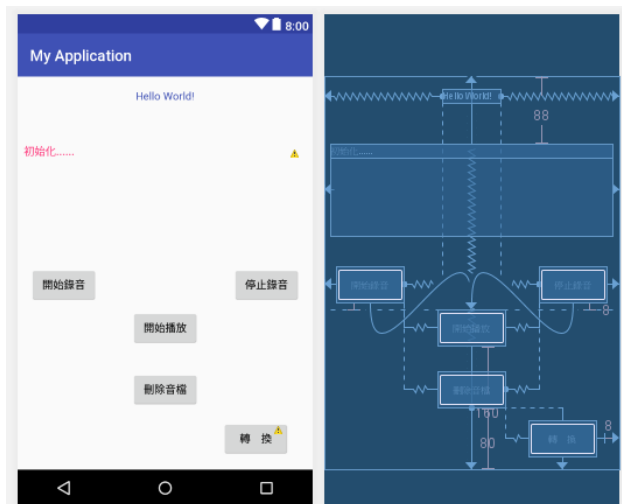
此設計程式為本專題所使用的程式，[3]嵌入式作業系統（open structure），目前用於手機最多，因此普遍被視為手機作業系統。以 Linux 為基礎所開發的作業系統適用於：手機、PDA、MID、Notebook、嵌入式設備包括家電、穿戴式裝置等。並且可以跨平台開發：Windows、Linux、MAC，還有內建布局編輯器，可使開發者拖放 UI 組件。[4]此系統特點包含支援 JAVA 程式語言、物件導向觀念及事件驅動基本架構。

2.3-2 介面設計

下圖為程式設計流程圖，本專題依循以下步驟完成程式之設計。



圖六 程式設計流程圖



圖七 程式介面及背景

介面程式碼-button

```
<Button
    android:id="@+id/button"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginBottom="8dp"
    android:layout_marginEnd="8dp"
    android:layout_marginStart="8dp"
    android:text="@string/start"

    app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/button3"
    app:layout_constraintEnd_toStartOf="@+id/textView"
    app:layout_constraintHorizontal_bias="0.16"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
/>
```

圖八 button

介面程式碼-ScrollView&TextView

```
<ScrollView
    android:id="@+id/mScrollView"
    android:layout_width="368dp"
    android:layout_height="120dp"
    android:layout_marginEnd="8dp"
    android:layout_marginStart="8dp"
    android:layout_marginTop="88dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintHorizontal_bias="0.0"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent"/>

    <TextView
        android:id="@+id/textView2"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="初始化....."
        android:textColor="@color/colorAccent"/>
</ScrollView>
```

圖九 ScrollView&TextView

2.3-3 錄音程式採用

本文選用 Audiorecord 做為錄音程式，[7]主要是實現邊錄邊播（AudioRecord+AudioTrack）以及對音頻的實時處理（如會說話的湯姆貓、語音），此程式的優點為語音的實時處理，可以用代碼實現各種音頻的封裝。缺點是輸出是 PCM 語音數據，如果保存成音頻文件，就無法被播放器播放，所以必須先寫代碼實現數據編碼以及壓縮。

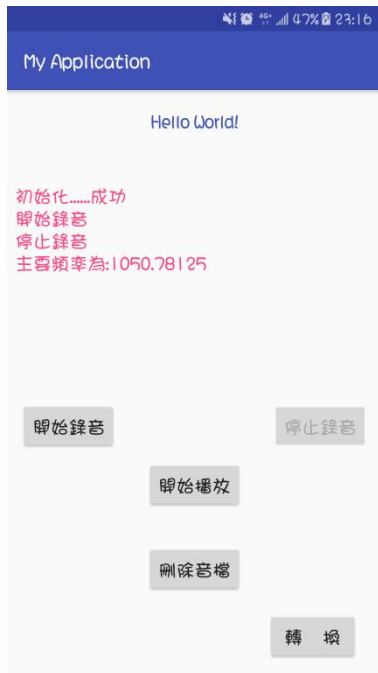
2.3-4 MATLAB 與手機程式比對測試

圖十為虛擬鋼琴在 MATLAB 上的頻率分析

虛擬鋼琴
音頻分析(Do)
MATLAB : >> Test
主要頻率為：
1049.9589 Hz

圖十 虛擬鋼琴

圖十一為虛擬鋼琴在程式錄音後所顯示的畫面



圖十一 錄音實測

2.4 器材選用

羽球線的主流材質多為合成拍線，主要成分有尼龍線(Nylon)、聚酯線(Polyester)、人造纖維(synthetic strings)等，由於線的材質科技進步，已發展出價格低廉且具備耐打、彈性好的拍線，而尼龍線又比另外兩種更常被使用，而選擇 VS-780(0.69mm)是因為此拍線為使用較為普遍的拍線，考慮到資金與大眾族群，本專題則不進行多種拍線的試驗，固使用尼龍線 VS-780 作為檢測的拍線。



圖十二 VS-780 拍線

本專題以平頭型羽球拍作為檢測球具，與其他拍型不同的差異在於其擊球手感的回饋與甜區形狀面積的不同，又平頭的頭框比圓頭的甜區大，故使用此平頭拍型做為實驗樣本。



圖十三 球拍示意圖

三、測試與結果

3.1 製作測試流程圖



圖十四 流程圖

3.2 測試方法

本專題以四種不同磅數但同款式的拍線做測試，因高度不影響頻率變化，故以任意高度，依磅數 23 到 26，每個磅數使用羽球撞擊拍面甜區 20 次，記錄顯示頻率並加總取平均值即為各磅數的頻率。再以頻率對應磅數製作成表格，最後將轉換函數寫入程式中。

3.1.1 測量過程

以圖十六的方式將羽球落下撞擊拍面甜區 20 次，

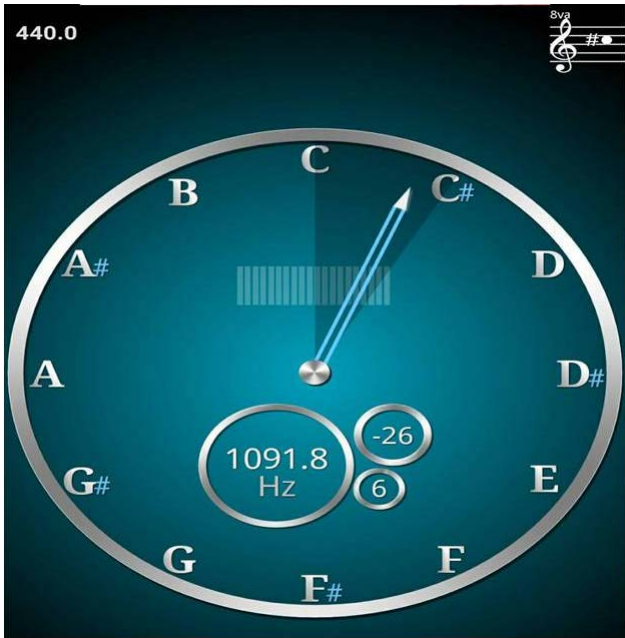
並將手機放置於拍面下方錄音。



圖十六 量測畫面

3.1.2 頻率檢測

本專題根據文獻[8]中所測試過之數據做為比對，檢驗錄音頻率是否與文獻中的數據是否相同，圖十七為文獻中所使用的調音程式 CarlTune，使用此程式對同一種磅數做檢測，檢驗是否與錄音顯示之頻率相同。



圖十七 CarlTune APP

3.1.3 測驗 20 次之數據

表一 23 磅頻率數據

23	1091.83
23	1092.31
23	1094.65
23	1089.55
23	1095.74
23	1089.12
23	1088.32
23	1090.75
23	1089.39
23	1095.16
23	1091.86
23	1092.88
23	1091.41
23	1094.62
23	1087.42
23	1093.46
23	1089.55
23	1090.88
23	1092.54
23	1092.44

表二 24 磅頻率數據

24	1123.72
24	1119.49
24	1122.45
24	1122.71
24	1121.65
24	1119.89
24	1120.67
24	1124.44
24	1123.11
24	1122.42
24	1118.22
24	1120.74
24	1121.97
24	1122.65
24	1123.29
24	1122.56
24	1119.33
24	1121.55
24	1122.43
24	1121.69

表三 25 磅頻率數據

25	1148.36
25	1151.68
25	1153.91
25	1151.48
25	1152.47
25	1151.66
25	1150.74
25	1151.31
25	1149.84
25	1150.62
25	1150.22
25	1151.24
25	1152.45
25	1151.99
25	1153.87
25	1150.36
25	1150.97
25	1152.69
25	1152.69
25	1152.69

表四 26 磅頻率數據

26	1180.32
26	1181.61
26	1180.44
26	1182.77
26	1180.59
26	1179.35
26	1179.66
26	1181.49
26	1180.52
26	1181.98
26	1180.76
26	1182.16
26	1181.63
26	1179.89
26	1180.39
26	1179.26
26	1181.75
26	1181.62
26	1182.73
26	1180.64

3.3 結果

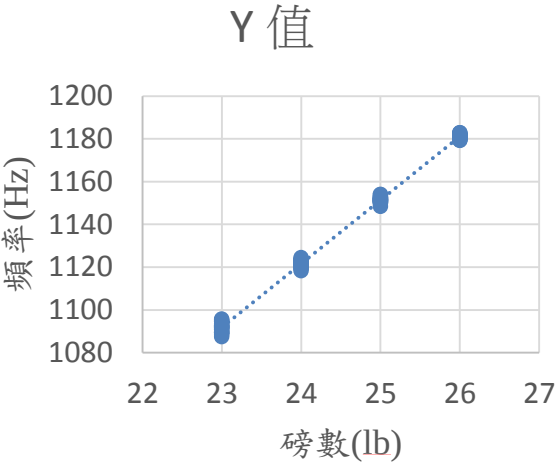
本文將所有頻率記錄完畢並製作表五

表五 頻率測試結果(平均值)

磅數	頻率
23 磅	1091.694Hz
24 磅	1121.749Hz
25 磅	1151.4865Hz
26 磅	1180.978Hz

由表六可得知頻率因磅數提升而頻率會以線性提升

表六 磅數頻率曲線圖



3.4 轉換函數

經測驗結果對比後，發現每個磅數差距約為 30Hz 因此將其擴展到 20 磅至 30 磅，輸入轉換函數，若頻率過低或過高則會顯示頻率讀取錯誤。

```
private void pound (double Fre){
    double MPound=((Fre-1000)/30)+20;
    if((int)MPound>=20 && (int)MPound<=30)
        printLog("轉換磅數為:" + (float)MPound);
    if((int)MPound>30 || (int)MPound<20)
        printLog("頻率讀取錯誤");
}
```

圖十八 轉換函數程式

四、結論

本專題利用 Android Studio 作業系統結合 Mediarecorder 及傅立葉轉換製作出此檢測程式，並得出以下結論:

1. 成功實現以拍面頻率轉換磅數的程式，而自磅數 23 的頻率之後每隔 30Hz 則增加一個磅數。
2. 轉換後與精準頻率之平均誤差為: +0.001305%。
3. 在穿線後碼上測量與船線後放置一段時間測量會有差異，故在穿線後測量最為精準。

五、致謝

在此感謝吳璋特老師及許博淳學長給予的大力幫助，不論是題目訂定之後老師給予的大方向，還是進度步上軌道之後學長的指引，對我們專題的完成都是不可或缺的。共同處理精準度的問題，也是與學長多次討論之後得出了解決的方法，在解決問題之後才得以完成我們的專題。

六、未來展望

本專題在實驗中，只控制「磅數」這個自變數，而得到頻率這應變數，為完整可以設定下拉式選單，拍線粗細和拍型兩個項目，並收集數據使此 App 完整。倘若之後錄下之頻率精確度足夠，可以增加另一磅數下拉式選單，設計由 App 錄音，設定磅數，將頻率聯網儲存，可以使用大數據校正準確度。

七、參考文獻

- [1] 如何選擇羽毛球拍
<http://www.tae.com.tw/knowledge/know.htm>。
- [2] 傅立葉轉換
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%82%85%E9%87%8C%E5%8F%B6%E5%8F%98%E6%8D%A2>
- [3] 維基百科 Android Studio
https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/Android_Studio
- [4] Android 程式設計入門篇
<http://androidstation.pixnet.net/blog/post/203509612-android-%E7%A8%B%E5%BC%8F%E8%A8%AD%E8%A8%88%E5%85%A5%E9%96%80%E2%80%94%E5%89%9D%E5%AD%B8%E8%80%85%E8%A7%A3%E6%83%91%E7%AF%87>

- [5] 傅利葉轉換、複數轉換

<https://www.cnblogs.com/tt2015-sz/p/5616534.html>

- [6] 快速傅立葉轉換

<https://blog.csdn.net/wordwarwordwar/article/details/68951605>

- [7] 錄音程式碼參考資料

<http://www.cnblogs.com/Amandaliu/archive/2013/02/04/2891604.html>

- [8] 羽球共和國

<http://www.badmintonrepublic.com/phpbb3/viewtopic.php?f=27&t=19415>

附件

附件一 程式碼

設定變數

```
public class MainActivity extends AppCompatActivity implements
View.OnClickListener {

    public static final String TAG = "myapplication";

    //設定UI組件Button, Scroll, TextView與所需之變數名稱
    //isRecording為錄音許可

    private boolean isRecording = false;
    private boolean bool;
    private Button startAudio;
    private Button stopAudio;
    private Button playAudio;

    private ScrollView mScrollView;
    private TextView tv_audio_success;

    private File file;
```

設定介面變數值

```
//呼叫設定UI介面之函數
@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_main);

    initView();
}
```

```
//設定UI介面之函數，將函數名稱設值(相對應之UI組件ID)，
//並設定Button的點擊事件函數
private void initView() {
    mScrollView = findViewById(R.id.mScrollView);
    tv_audio_success = findViewById(R.id.textView2);
    printLog("成功");
    startAudio = findViewById(R.id.button);
    startAudio.setOnClickListener(this);
    stopAudio = findViewById(R.id.button2);
    stopAudio.setOnClickListener(this);
    playAudio = findViewById(R.id.button3);
    playAudio.setOnClickListener(this);
    Button deleteAudio = findViewById(R.id.button4);
    deleteAudio.setOnClickListener(this);
    translate = findViewById(R.id.button5);
    translate.setOnClickListener(this);
    ButtonEnabled(true, false, false);
}
```

點擊事件

```
//點擊事件函數
@Override
public void onClick(View v) {
    switch (v.getId()) {
        // "開始錄音"之點擊事件，呼叫其函數
        case R.id.button:
            Thread thread = new Thread(new Runnable() {
                @Override
                public void run() {
                    Log.e(TAG, "start");
                    StartRecord();
                }
            });
            thread.start();
            printLog("開始錄音");
            ButtonEnabled(false, true, false);
            break;
    }
}
```

```
// "停止錄音"之點擊事件，呼叫其函數
case R.id.button2:
    isRecording = false;
    ButtonEnabled(true, false, true);
    printLog("停止錄音");
    frequencyAnalyse();
    break;

// "播放錄音"之點擊事件，呼叫其函數
case R.id.button3:
    playRecord();
    ButtonEnabled(true, false, false);
    printLog("播放錄音");
    break;

// "刪除錄音"之點擊事件，呼叫其函數
case R.id.button4:
    deleteFile();
    break;
}
```

//呼叫頻率分析函數

```
case R.id.button5:
    if (file.exists()) {
        frequencyAnalyse();
    }
}
```

倒計時程式碼

```
new CountdownTimer(2000,1000){

    @Override
    public void onFinish() {
        isRecording = false;
        ButtonEnabled(true, false, true);
    }

    @Override
    public void onTick(long millisUntilFinished) {
    }
}.start();

new CountdownTimer(1000,1000){

    @Override
    public void onFinish() {
        ButtonEnabled(false, true, false);
    }

    @Override
    public void onTick(long millisUntilFinished) {
    }
}.start();
```

顯示文字與設定按鍵

```
//設定ScrollView之文字TAG(標示)，以便在其組件中顯示文字
private void printLog(final String resultString) {
    tv_audio_success.post(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            tv_audio_success.append(resultString + "\n");
            mScrollView.fullScroll(ScrollView.FOCUS_DOWN);
        }
    });
}

//此為設定各Button可否使用的函數，以免程式出現問題
private void ButtonEnabled(boolean b, boolean b1, boolean b2) {
    startAudio.setEnabled(b);
    stopAudio.setEnabled(b1);
    playAudio.setEnabled(b2);
}
```

錄音-參數設定

```
//開始錄音之程式
@RequiresApi(api = Build.VERSION_CODES.CUPCAKE)
public void StartRecord() {

    Log.i(TAG, "開始錄音");

    //基本參數設定，如取樣頻率、聲道、聲音編碼等
    int fs = 16000;
    int channelConfiguration = AudioFormat.CHANNEL_CONFIGURATION_MONO;
    int audioEncoding = AudioFormat.ENCODING_PCM_16BIT;
    //設定文件儲存路徑為內建儲存裝置預設路徑
    File filepath = getFilesDir();
    try {
        // 設定file檔案之名稱，儲存格式(.pcm)，路徑
        file = File.createTempFile("recording", ".pcm", filepath);
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

錄音-文件生成


```
//在ScrollView的TextView中顯示文字，若檔案已存在，刪除後創建
Log.i(TAG, "生成文件");
if (file.exists())
    bool = file.delete();
Log.i(TAG, "刪除文件" + bool);
try {
    boolean bool1 = file.createNewFile();
    Log.i(TAG, "創建文件" + bool1);
}
//若未能成功即顯示此段文字
catch (IOException e) {
    Log.i(TAG, "未能創建");
    throw new IllegalStateException("未能創建" +
file.toString());
}
```

錄音程式

```
//正式錄音
try {
    //設定輸出流至file檔案
    DataOutputStream dos = new DataOutputStream(new BufferedOutputStream(
new FileOutputStream(file)));
    int bufferSize = AudioRecord.getMinBufferSize(fs, channelConfiguration,
audioEncoding);
    //設定新AudioRecord變數，並給予其參數
    AudioRecord audioRecord = new AudioRecord(MediaRecorder.AudioSource.MIC
, fs, channelConfiguration, audioEncoding, bufferSize);

    //設定變數buffer為short形式的矩陣，用於紀錄聲音並存入file檔案
    short[] buffer = new short[bufferSize];
    audioRecord.startRecording();
    Log.i(TAG, "開始錄音");
```

```
//isRecording為辨識錄音進行與否的變數，若按下停止錄音即設定期
Boolean值為false
    isRecording = true;
    while (isRecording) {
        int bufferReadResult = audioRecord.read(buffer, 0,
bufferSize);

        for (int i = 0; i < bufferReadResult; i++) {
            dos.writeShort(buffer[i]);
        }
        //釋放原本的已儲存之資料，否則程式將會出現錯誤
        audioRecord.release();
    } catch (Throwable t) {
        Log.e(TAG, "錄音失敗");
    }
}
```

播放錄音

```
public void playRecord() {
    //若無檔案即不執行
    if (file == null) {
        return;
    }
    //與錄音相似，設定函數使file檔案可被讀出並播放，用來測試錄音是否成功
    int musicLength = (int) (file.length() / 2);
    short[] music = new short[musicLength];
    try {
        InputStream is = new FileInputStream(file);
        BufferedInputStream bis = new BufferedInputStream(is);
        DataInputStream dis = new DataInputStream(bis);
        int i = 0;
        while (dis.available() > 0) {
            music[i] = dis.readShort();
            i++;
        }
        dis.close();
        AudioTrack audioTrack = new AudioTrack(AudioManager.STREAM_MUSIC, 16000,
AudioFormat.CHANNEL_CONFIGURATION_MONO,
AudioFormat.ENCODING_PCM_16BIT, musicLength * 2,
AudioTrack.MODE_STREAM);
        audioTrack.play();
        audioTrack.write(music, 0, musicLength);
        audioTrack.stop();
    } catch (Throwable t) {
        Log.e(TAG, "播放失敗");
    }
}
```

刪除文件

```
private void deleFile() {
    if (file.exists()) {
        bool = file.delete();
        printLog("文件刪除成功");
    }
}
```

複數轉換程式碼

```
public class Complex {
    public double real, imag;
    public Complex(double real, double im){
        this.real = real;
        this.imag = im;
    }

    public Complex(){
        this(0,0);
    }

    public Complex(Complex c){
        this(c.real, c.imag);
    }
}
```

```
@Override
public String toString() {
    return "("+this.real+","+this.imag+"i";
}
//加法
public final Complex add(Complex c){
    return new Complex(this.real+c.real, this.imag +c.imag);
}
//減法
public final Complex minus(Complex c){
    return new Complex(this.real-c.real, this.imag -c.imag);
}
//求模值
public final double getMod(){
    return Math.sqrt(this.real * this.real+this.imag * this.imag);
}
//乘法
public final Complex multiply(Complex c){
    return new Complex(
        this.real*c.real - this.imag *c.imag,
        this.real*c.imag + this.imag *c.real);
}
```

傅立葉轉換程式碼

```

public class FFT {
    public static final int FFT_N = 8192;
    public static final int SAMPLE_RATE = 16000; //HZ

    //快速傅里叶变换
    public static Complex[] getFFT(Complex[] data){
        int N = data.length;
        if(N==1){
            return new Complex[] {data[0]};
        }
        if(N%2 != 0){
            throw new RuntimeException("N is not a power of 2");
        }

        //fft of even/odd terms
        Complex[] even = new Complex[N/2];
        Complex[] odd = new Complex[N/2];
        for(int k = 0; k<N/2; k++){
            even[k] = data[2*k];
            odd[k] = data[2*k+1];
        }
        Complex[] qe = getFFT(even);
        Complex[] ro = getFFT(odd);

        Complex[] y = new Complex[N];
        for (int k = 0; k<N/2; k++){
            double kth = -2*k*Math.PI/N;
            Complex wk = new Complex(Math.cos(kth), Math.sin(kth));
            y[k] = qe[k].add(wk.multiply(ro[k]));
            y[k+N/2] = qe[k].minus(wk.multiply(ro[k]));
        }

        return y;
    }
}

```

```

public static double GetFrequency(short[] data){
    Log.i("FFT", "GetFrequency");
    if(data.length<FFT_N){
        throw new RuntimeException("Data length lower than "+FFT_N);
    }
    Complex[] f = new Complex[FFT_N];
    for(int i=0; i<FFT_N; i++){
        f[i] = new Complex(data[i],0); //實部為正弦波FFT_N點採樣，值為1
        //虛部為0
    }

    f = getFFT(f); //進行快速傅立葉轉換
    String str = "";
    for(int i = 0; i<FFT_N; i++){
        str+=f[i].toString()+" ";
    }
    Log.i("FFT", "fft: "+str);
    double[] s = new double[FFT_N/2];
    String str = "";
    for(int i=0; i<FFT_N/2; i++){
        s[i] = f[i].getMod();
        str += ""+s[i]+" ";
    }
    Log.i("FFT", "s: "+str);

    int fmax=0;
    for(int i=1; i<FFT_N/2; i++){ //利用FFT的對稱性，只取前半進行處理
        if(s[i]>s[fmax])
            fmax=i; //計算最大頻率的序號值
    }
    Log.i("FFT", "max index: "+fmax+" fft: "+f[fmax]+" s: "+s[fmax]);
    double fre = fmax*(double)SAMPLE_RATE / FFT_N;
    Log.i("FFT", "fre: "+fre);
    return fre;
}
}

```

頻率分析函數

```

private void frequencyAnalyse() {
    if (file == null) {
        return;
    }
    int bufferLength = (int) (file.length() / 2);
    short[] buffer = new short[bufferLength];
    try {
        DataInputStream inputStream = new DataInputStream(
            new FileInputStream(file));
        for(int i = 0; i<buffer.length; i++){
            buffer[i] = inputStream.readShort();
        }
        short[] data = new short[buffer.length];
        System.arraycopy(buffer, 0,
            data, 0, buffer.length);
        Double Mfs = FFT.GetFrequency(data);
        printLog("讀取頻率為: "+Mfs);
        pound(Mfs);
    }
}

```

Badminton racket protection adjustment application

Students: Yu-Fu Shen, Bo-Chin Huang

Advisor: Dr. Wei-Te Wu

Department of Biomechanics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

The research purpose of this special subject is to design an application that can detect rackets instantly without breaking the racket line or measuring tools. The first, Android Studio is used to design the application. The application contains MediaRecorder as recording program. Then use the Fourier transform to convert the frequency to the corresponding racket pounds. The source of the frequency is a different number of pounds of rackets.

豬隻超音波影像背脂厚度及腰眼面積量測程式開發

學生姓名：林于權、蔡宗富、林容慶、林郁琪

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

在臺灣，養豬業占了很大部分的農業產值，而在市場上也為了追求最大利益，符合大眾的喜愛，不斷地改良現有豬隻的品種。並以常見量測方式---超音波進行檢測。而在臺灣，目前都是使用國外的系統檢測，並沒有一套專門為台灣豬隻而設計的系統，因此便有了此計畫。本研究與中國文化大學合作，由他們提供樣本與國外超音波系統的操作。而我方藉由 Visual Studio C#與 Microsoft Access 資料庫系統，目前開發出一款簡單的能夠量測且儲存資料的系統。由於現在沒有由人工測量的實測資料。由製作出來的程式所量測的數據，還無法證實是否正確。但以目前的數據與經由國外系統的數據進行線性迴歸比較，厚度的部分準確率達到 99%，但面積的部分卻只有 70%。因此面積部分，尚待改進。

關鍵字:豬隻、超音波、資料庫、腰眼深度、腰眼面積。

一、引言

養豬產業在臺灣是不可或缺的畜牧業。據 2016 年 5 月底「臺灣地區養豬頭數調查」統計，臺灣地區養豬戶計 7681 戶，豬隻在養頭數為 5,499,000 頭，平均每戶飼養 729 頭，2016 年養豬產值占整個農業產值的

13.88%[1]。

在市面上需求，追求最大利潤是每一位生產者的共同目標，但是若想要獲得較高的利潤就必須去創造利潤。在家畜生產上除了改進家畜的先天遺傳能力外，飼養、管理的密切配合與合宜的應變是獲得更多利潤的途徑。由於畜牧生產事業本已十分繁雜，而外在的市場價格又時時波動著，要算準各情況下的應變措施並不容易。不過科技的發明與革新，給這一方面的研究提供一項有利的工具。

在研究方面需求，豬肉為日常生活中最常見的肉類食物，豬肉品質將是個重要的基準點，同時由於社會型態的轉型，人們對於食物不再只要求吃得飽，更要吃得好，豬肉品質成為一個重要的訴求，所以過去要求量的思維，漸漸轉向質的改進，而分布於肌肉中的脂肪是豬肉好吃的關鍵之一。

為了知道豬肉是否好吃，常以超音波作為肉豬屠體評級。利用超音波儀器測量倒數第 3-4 腰椎和最後肋距背線 7 公分位置之背脂厚度、腰眼深度[2]，進而分析有關豬隻相關資訊，如：估算屠體瘦肉率。

近年來，台灣的養豬產業開始重視育種，利用育種來改良豬隻，進而獲得較快的生長速率、較多的瘦肉或較薄的脂肪等等，可是育種的前提必須知道豬隻的種種性能[3]，如：背脂厚度、腰眼面積，目前台灣測量豬隻背脂厚度和腰眼面積都是使用國外進口的超音波儀器來分析，且國外進口儀器的設計都是以國外豬

隻作為基準，但對於台灣而言卻沒有一套針對台灣種豬所設計的超音波分析程式，現代的豬隻生產者面臨了比以往更多的挑戰，包括人類的健康、動物的福祉及地球暖化等議題，因此豬隻育種者需要應用許多的知識和技術，而現代化的電腦、通訊及生物科技[4]，也提供種豬生產者及一般飼養戶許多協助，但是生產者必須要有能力的去面臨挑戰及競爭，為了培育出更好品質的種豬，需有完整之軟硬體配合，進行測定分析，才能達到事半功倍之效。研究目的如下：

- (1) 利用 Visual Studio C#開發一個程式讀取超音波影像，這程式具有經由滑鼠點擊，計算不同位置之背脂厚度及腰眼深度功能。
- (2) 利用滑鼠手動圈選影像上之位置，計算出所圍之腰眼面積。
- (3) 將這些資料儲存成資料庫，以利查詢、更新應用。

二、研究內容與方法

2.1 實驗樣本

本研究所使用之測量超音波的豬隻樣本影片由中國文化大學所提供，其中杜洛克豬(Duroc) 17 頭、藍瑞斯豬(Landrace) 7 頭及約克夏豬(Yorkshire)12 頭，共計有 36 頭。

2.2 實驗設備

硬體設備

- (1) B mode 超音波掃描儀(ALOKA SSD500, ALOKA Co. Ltd.,Tokyo, Japan)(由中國文化大學操作)。
- (2) 15 cm 3.5 MHz 探頭(UST-5011U-3.5, ALOKA Co. Ltd.,Tokyo, Japan) (由中國文化大學操作)。
- (3) 筆記型電腦 acer TravelMate P253-M。

軟體部分

- (1) 剪輯軟體 Free Video to JPG Converter。

- (2) 程式設計軟體 Visual Studio C#。
- (3) 迴歸方程式 Microsoft Excel。
- (4) 資料庫程式 Microsoft Access。

2.3 實驗方法

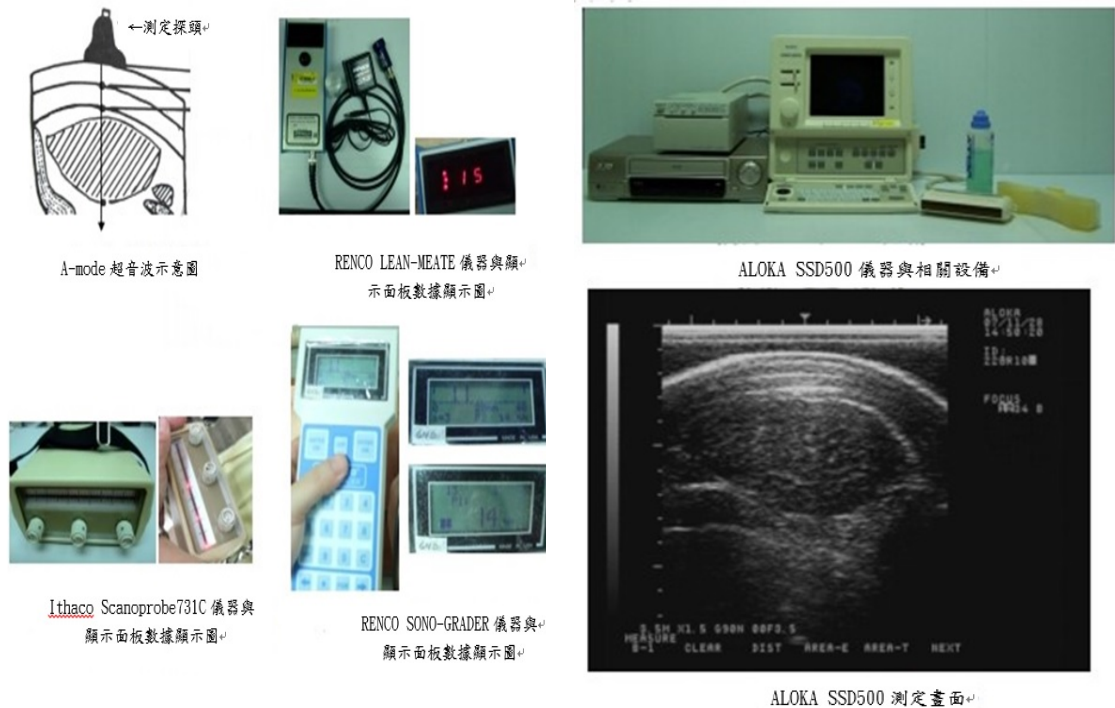
由中國文化大學將豬隻趕入秤重欄固定後再使用 B-mode 超音波儀器，配合探頭，在垂直於背中線第 10 肋的位置剃毛並塗上凝膠，為使超音波可完整透入豬隻體內，將人工脂肪也塗上凝膠使得與探頭完全結合，放上測定部位，保持探頭與豬隻體表與背中線垂直，同時探頭由背中線向腹脅移動取得連續且完整的影像資訊，過程全部使用電腦錄影程式進行錄影紀錄。測量完畢後豬隻，送往屏東台畜公司進行解剖，實際測量相關脂肪厚度，並記錄之，以做為後續分析參考。

將所記錄之影片，利用剪輯軟體(Free Video to JPG Converter)加以剪輯為影像，再利用 Visual Studio C#進行電腦介面之設計，將剪輯好之影像，藉由本研究所自行撰寫的影像分析軟體，測出背脂厚度與腰眼面積的像素(pixel) 個數，再利用迴歸方程式將 pixel 轉回 cm 及 cm^2 ，並將資料儲存成資料庫，以備查詢更新應用。

超音波取樣之方法介紹

1、A 模式超音波(Amplitude mode, A-mode)

A 模式超音波為單點一維模式的超音波，測試模擬如圖一。僅能進行深度測定，所以可測定的項目有背脂厚度、腰眼深度與懷孕偵測，另外可經由腰眼深度來估算腰眼面積[5]。



圖一、A-mode 檢測儀器。

圖二、B-mode 檢測儀器。

2、B 模式超音波(Brightness mode, B-mode)

主要原理以 A 模式超音波為基礎，單點的超音波在透過組織過程中所產生的訊號強弱可以應用明暗的亮度(Brightness)來呈現，當許多個訊號組合在同一平面上，就可以產生一個二維(2D)的影像(參考圖二)，這就是 B-mode 超音波成像的原理。由於超音波技術的發展，B-mode 超音波有可將二維影像如同電影般直接即時的顯示在畫面上所以又稱為即時顯像超音波[6]。

2.4 背脂厚度演算法

A、先宣告 X、Y 兩個變數；X 代表水平影像像素，Y 代表垂直影像像素。

B、以 switch 語法，在 case 'A'裡將第一個點的座標存於 X 和 Y。

C、以相同方法，在 case 'B'裡將第二個點的座標存於 X 和 Y。

D、將 X 和 Y 以字串顯示。

E、將 X 和 Y 轉回整數。

F、宣告 vertical 和 level 兩個變數。

G、將 X 相減與 Y 相減的數值存於 vertical 和 level。

H、以 label.Text 作為顯示，即為該點擊之背脂厚度。

表一、背脂厚度演算法

X1 座標	Y1 座標
393 mm	124 mm
X2 座標	Y2 座標
394 mm	216 mm
$X_2 - X_1 = X \text{ 距離}$ $Y_2 - Y_1 = Y \text{ 距離}$	
水平距離	垂直距離
1 pixel	92 pixel



圖三、背脂厚度量測方法-量測前



圖四、背脂厚度量測方法-量測後

背脂厚度測量的部位，主要有 P1、P2、P3、P10 及腰眼深度，共五種。其中

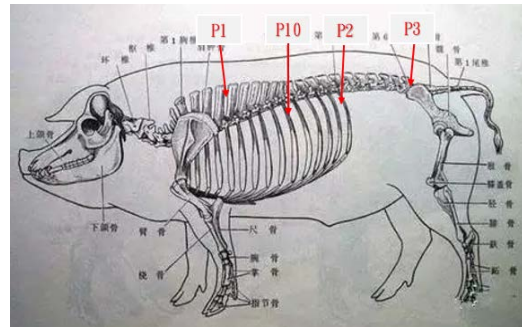
P1 為豬隻第 4、5 肋的位置。

P2 為豬隻最後肋的位置。

P3 為豬隻最後腰椎的位置。

P10 為豬隻第 10 肋的位置。

腰眼深度為豬隻第 10 肋的表皮層到腰眼面積下端緣(參考圖六)。



圖五、豬隻腰椎位置圖。

2.5 腰眼面積演算法

A、宣告 X、Y 兩個變數；X 代表水平影像像素，Y 代表垂直影像像素。

X：存取 X 座標，Y：存取 Y 座標。

B、將 X、Y 分別儲存為陣列。

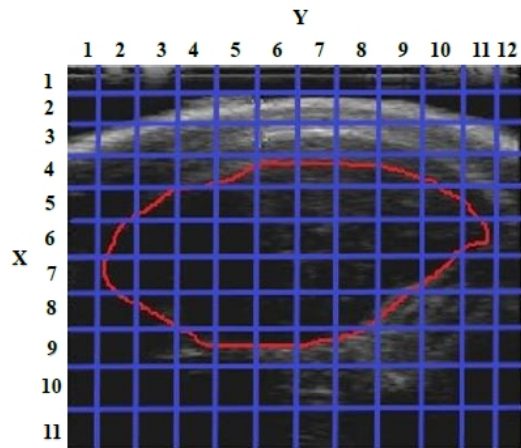
C、以 X 為主，進行排序，則 Y 會跟著一起排序。

D、找出 X 相同的部分，對應 Y 的最大值與最小值，計算最大值與最小值的差，其中距離為最大值-最小值+1，如表二。

E、累計所有差值，即為該圈選的面積。



圖六、腰眼面積量測方法。



圖七、圈選腰眼面積

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6	2	9	4	9	6	9	8
7	2	4	5	4	7	4	9
8	2	5	5	5	7	5	9
5	3	6	5	6	7	6	9
6	3	7	5	7	7	7	9
7	3	8	5	8	7	8	9
8	3	9	5	9	7	4	10
4	4	4	6	4	8	5	10
5	4	5	6	5	8	6	10
6	4	6	6	6	8	7	10
7	4	7	6	7	8	5	11
8	4	8	6	8	8	6	11

排序

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
4	4	5	8	6	10	8	3
4	5	5	9	6	11	8	4
4	6	5	10	7	2	8	5
4	7	5	11	7	3	8	6
4	8	6	2	7	4	8	7
4	9	6	3	7	5	8	8
4	10	6	4	7	6	8	9
5	3	6	5	7	7	9	4
5	4	6	6	7	8	9	5
5	5	6	7	7	9	9	6
5	6	6	8	7	10	9	7
5	7	6	9	8	2	9	8

圖八、格數排序

表二、腰眼面積計算法

X	Y_{min}	Y_{max}	距離
4	4	10	7
5	3	11	9
6	2	11	10
7	2	10	9
8	2	9	8
9	4	8	5
		累計	48

總共：48 像素 (將距離累加起來)

2.6 資料庫設計方法

對於資料庫的設計，我們採用取得較為容易，且容易上手的 Microsoft Access 資料庫系統。通訊方式使用 ADO.NET 離線存取的方

式。

2.6.1 資料庫的定義[7]

資料庫的定義是，由一群相關資料的集合體，簡單來說主要就是儲存資料的地方，而使用資料庫的好處，可以歸納成七項。

- A、降低資料的重複性(Redundancy)
- B、達成資料的一致姓(Consistency)
- C、達成資料的共享姓(Data Sharing)
- D、達成資料的獨立性(Data Independence)
- E、達成資料的完整性(Integrated)
- F、避免紙張與空間浪費(Reduce Paper)
- G、達成資料的安全性(Security)

2.6.2 關聯式資料庫[8]

在關聯式資料庫中，每一個關聯式會有不同的鍵值屬性，可分為兩部分討論。

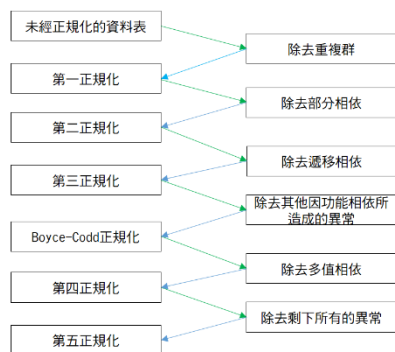
- A、屬性(Attribute):指一般屬性或欄位。
- B、鍵值屬性(Key Attribute):指由一個或一個以上的屬性所組成，並且在一個關鍵中，必須要有「唯一性」的屬性或欄位來當作「鍵(Key)」。

2.6.3 正規化概念[9]

假設資料庫是一本書，那正規化就像是一本書的綱要。因此如何妥善規劃資料庫綱要(Database Schema)是一件很重要的事情。

正規化其實就是結構化分析與設計中，建構「資料模式」所運用的一種技術，其目的是為了降低資料的「重複性」，與避免「更新異常」的情況發生。

資料庫正規化主要可分為 6 階正規化。然後每一階都是將重複的屬性，一階一階的除去。一階正規化，簡稱 1NF；二階正規化，簡稱 2NF 等，詳細如圖九。



圖九、各階正規化功能。

2.6.4 ADO.NET 介紹[10]

在連線方式中 ADO.NET 中又可分為兩項，分成 NET Framework Data Provider 資料來源提供者與 DataSet 記憶體中的資料庫。NET Framework Data Provider 為資料來源提供者而我們使用的是其其中的 OleDb 的功能，用來連結 Microsoft Access 資料庫。

可知道 ADO.NET 離線存取的方式是透過呼叫 Data Adapter 進行連結實體資料庫。而在實際操作的主要步驟，首先要先把實體資料庫與電腦介面程式進行連結，連結成功後，依照需求，將所需的資料，將其先存入暫時記憶體 DataSet。在此使可先將我們連結斷開，以節省電腦處理單元。接下來就可以對暫時記憶體 DataSet，透過 INSERT、UPDATE 與 DELETE 等指令，進行新增資料、更新資料或刪除資料等等動作。做完後，再次連結資料庫並且更新實體資料庫。

ADO.NET離線存取方式



圖十、ADO.NET 概念圖。

2.6.5 ADO.NET 常用物件[11]

A、Connection 物件

此功能主要是讓應用程式與實體資料庫(實體資料庫)之間建立連接，此物件又因資料的來源不同分為 OleDbConnection 與 SqlConnection 兩種。

B、Command 物件

主要功能為讓應用程式對實體資料庫(資料來源)執行 SQL 語系的命令。依照資料來源可分為 OleDbCommand 和 SqlCommand 兩種。

C、Dataset 物件

DataSet 物件是資料庫中的最主要物件，功能為將資料由實體資料庫讀取到我們電腦的記憶體中，以方便進行快速存取的動作。此物件就像是由一個或多個 DataTable 物件(記憶體資料表)所組成的物件，再透過 DataColumn 資料欄位物件定義出 DataTable 物件的欄位資訊，DataRow 物件即是代表 DataTable 物件內的紀錄。

D、DataGridView 控制項

DataGridView 物件用於可以簡單的以表格方式在表單上顯示我們資料來源的內容。只要將 DataSource 的來源設定為連繫 DataTable 或 DataSet 等物件，就可以直接顯示出資料內容。

E、DataAdapter 物件

此物件是用於將資料來源與 DataSet 之間的資料配接器，可以將讀取的資料填到 DataSet 中，並將結果更新回資料來源。此可分為兩種模式 OleDbDataAdapter 與 SqlDataAdapter 兩種物件。

三、結果與討論

3.1 Visual Studio C#電腦介面

3.1.1 主畫面設計

主畫面設計主要分成三個部分，分別為基本基料、量測畫面及離開程式，藉由這三個按鈕可以讓使用者切換至其他畫面。



圖十一、歡迎畫面。

3.1.2 基本資料設計

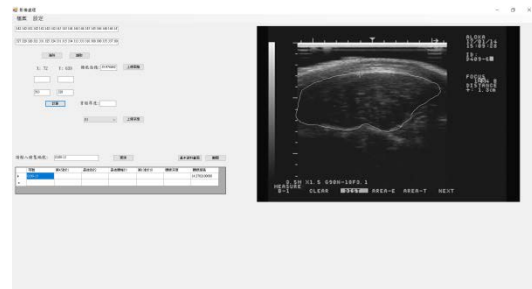
將豬隻的基本資料進行建檔，如：豬隻耳號、品種、背脂厚度等等，令使用者可以方便查詢更新。



圖十二、基本資料畫面。

3.1.3 量測畫面設計

將豬隻超音波影像匯入程式中，利用程式中點擊和圈選功能，計算出背脂厚度和腰眼面積，並將兩個數據傳回基本資料建檔。



圖十三、量測畫面。

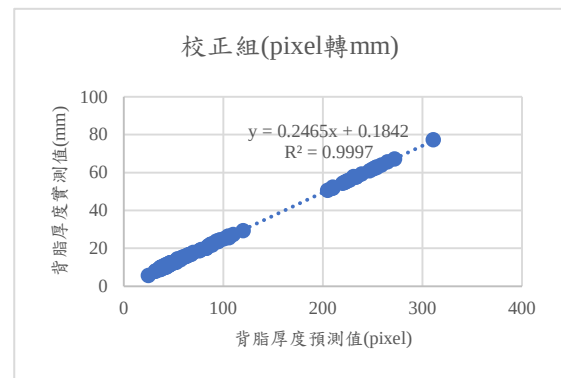
3.2 背脂厚度之迴歸方程式

A、利用撰寫好的程式來量測豬隻超音波之背脂厚度(pixel)。

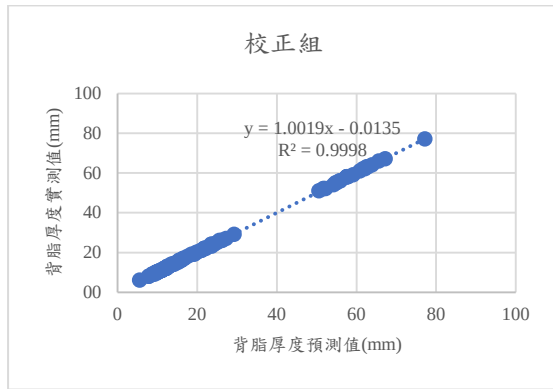
B、將程式所量的豬隻背脂厚度(pixel)和文化大學實測值背脂厚度(mm)利用 Excel 進行迴歸。

C、以豬隻影像樣本中 24 頭豬作為校正組，其餘 12 頭豬作為驗證組。

此圖有 24 頭樣本豬，共有 120 個樣本點，再經由滑鼠點擊不同位置之背脂厚度的 pixel，然後利用迴歸方程式將 pixel 轉回 mm(參考圖十四)。

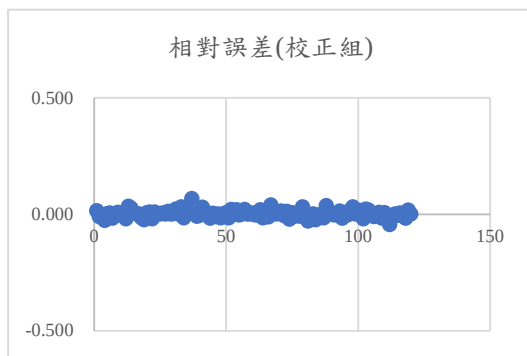


圖十四、背脂厚度預測值 pixel→mm。



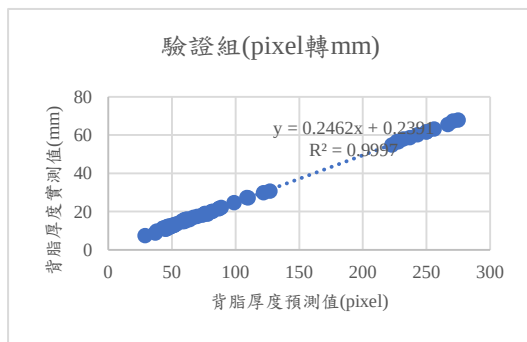
圖十五、背脂厚度校正組。

此圖有 24 頭樣本豬，共有 120 個樣本點，再將得知的背脂厚度實測值和背脂厚度預測值代入公式：實測值-預測值/實測值 算出相對誤差，其中誤差值的最大值為 0.067、最小值為 0 及平均值為 0.011(參考圖十六)。



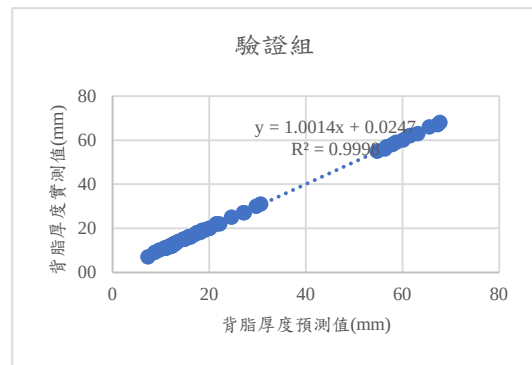
圖十六、相對誤差-校正組。

此圖有 12 頭樣本豬，共有 60 個樣本點，再，經由滑鼠點擊不同位置之背脂厚度的 pixel，然後利用迴歸方程式將 pixel 轉回 mm(參考圖十七)。



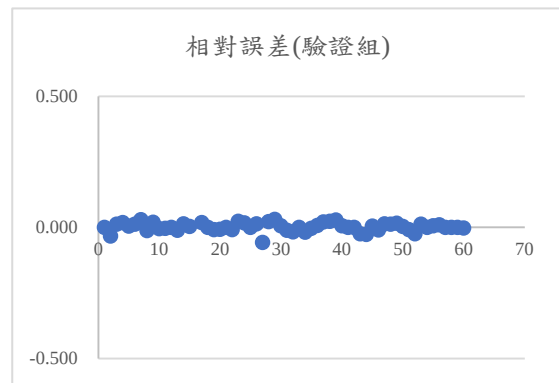
圖十七、。背脂厚度預測值 pixel→mm。

此圖有 12 頭樣本豬，共有 60 個樣本點，將背脂厚度的實測值和背脂厚度的預測值進行線性迴歸，得到 $R^2 = 0.9997$ (參考圖十八)。



圖十八、背脂厚度驗證組。

此圖有 12 頭樣本豬，共有 60 個樣本點，再將得知的背脂厚度實測值和背脂厚度預測值代入公式：實測值-預測值/實測值 算出相對誤差，其中誤差值的最大值為 0.057、最小值為 0 及平均值為 0.012(參考圖十九)。



圖十九、相對誤差-驗證組。

3.3 腰眼面積之迴歸方程式

A、利用撰寫好的程式來量測豬隻超音波之腰眼面積(pixel)。

B、將程式所量的豬隻腰眼面積(pixel)和文化大學實測值腰眼面積(mm)利用 Excel 進行迴歸。

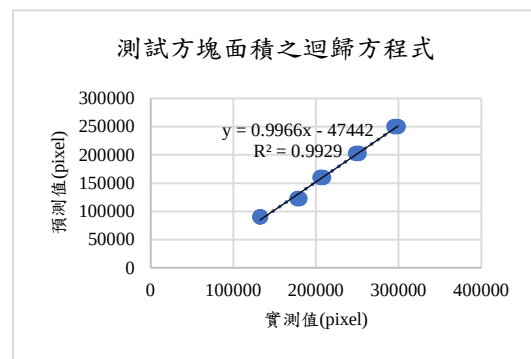
標準方塊面積製作方式

A、開啟小畫家，設定畫布大小與我們超音波圖像 1920*1680 之畫布，再拉矩形，做邊長

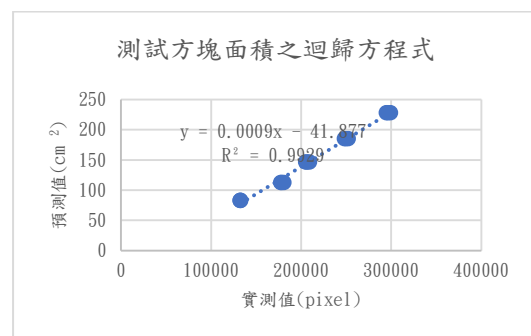
600、700、800、900 及 1000 pixel 之方塊面積。
B、用印表機列印出紙張，再用直尺量測實際邊長算面積，並記錄，作為我們之實際值面積 (cm^2)。

C、利用程式圈選方塊那張圖像，計算出總 pixel，並記錄，再將 pixel 轉換單位為平方公分之數據也記錄下來，作為預測值面積 (cm^2)。

D、將先前之數據用 excel 做整理，拉兩張散佈圖，一張是程式圖像畫出來的 pixel 轉實際面積 (cm^2) 的迴歸方程式，另一張是，程式的預測面積 (cm^2) 轉實際面積 (cm^2) 的迴歸方程式。



圖二十、測試方塊面積迴歸 pixel 轉 pixel。

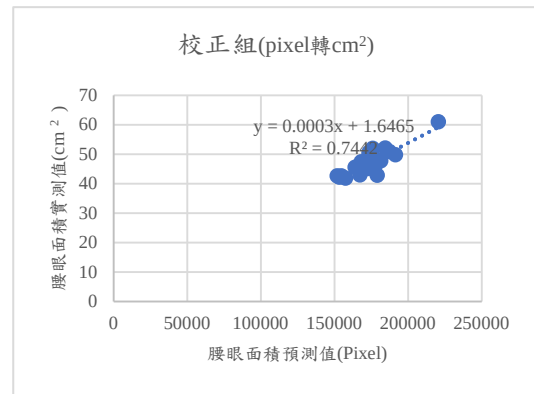


圖二十一、測試方塊面積迴歸 pixel 轉 cm^2 。

本有 36 頭樣本豬，應有 36 個樣本點，其中編號 34 (耳號 Y1069-02) 因無腰眼面積實測值，故不採用，所以有 35 頭樣本豬，共有 35 個樣本點。

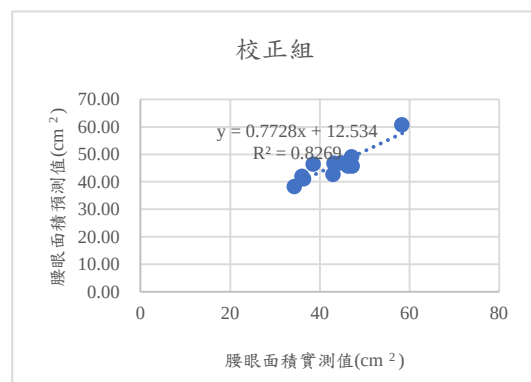
此圖有 24 頭樣本豬，共有 24 個樣本點，

再經由滑鼠手動圈選影像之腰眼面積的 pixel，然後利用迴歸方程式將 pixel 轉回 mm (參考圖二十二)。



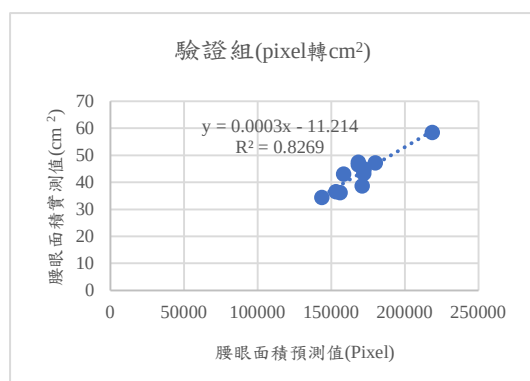
圖二十二、腰眼面積預測值 pixel $\rightarrow$ cm^2 。

此圖有 24 頭樣本豬，共有 24 個樣本點，將腰眼面積的實測值和腰眼面積的預測值進行線性迴歸，得到 $R^2 = 0.8269$ (參考圖二十三)。



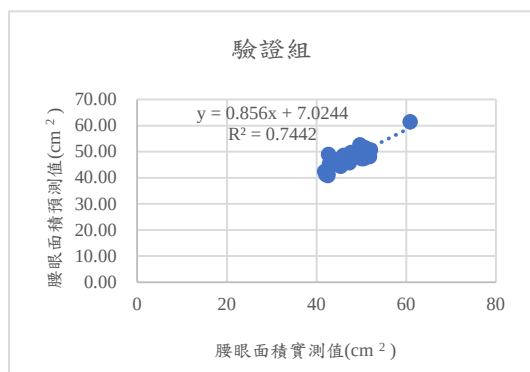
圖二十三、腰眼面積校正組。

此圖有 11 頭樣本豬，共有 11 個樣本點，再經由滑鼠手動圈選影像之腰眼面積的 pixel，然後利用迴歸方程式將 pixel 轉回 mm (參考圖二十四)。



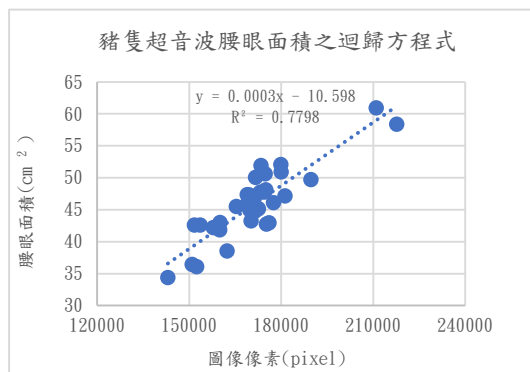
圖二十四、腰眼面積預測值 pixel→cm²。

此圖有 11 頭樣本豬，共有 11 個樣本點，將腰眼面積的實測值和腰眼面積的預測值進行線性迴歸，得到 $R^2 = 0.7442$ (參考圖二十五)。



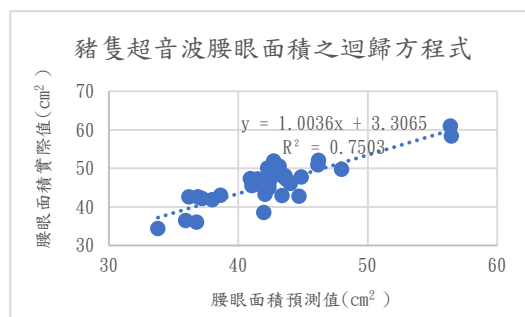
圖二十五、腰眼面積驗證組 cm²轉 cm²。

此圖有 35 頭樣本豬，共有 35 個樣本點，再經由滑鼠手動圈選影像之腰眼面積的 pixel，然後利用迴歸方程式將 pixel 轉回 cm² (參考圖二十六)。



圖二十六、腰眼面積之迴歸 pixel→cm²。

此圖有 35 頭樣本豬，共有 35 個樣本點，將腰眼面積的實測值和腰眼面積的預測值進行線性迴歸，得到 $R^2 = 0.7503$ (參考圖二十七)。



圖二十七、豬隻腰眼面積迴歸 cm²轉 cm²。

四、結論

本次專題研究方向為計算豬隻背脂厚度及腰眼面積之研究，以目前的資料來看，豬隻數據都以國外進口數據為主，所以我們著手開發研究這支程式，使台灣養豬業者有一個針對本國豬隻的超音波分析軟體，藉由這套軟體，可以得到關於豬隻的育種資訊等，並建立一個屬於台灣豬隻的資料庫，以便管理台灣豬隻，但依照目前的實驗數據指出背脂厚度及腰眼深度之量測出來的結果準確率大達 99%。

不過面積的部分與中國文化大學使用 B-mode 所量測部分比較只達到大約 70%，不過我們自行測試自行製作的正方形的面積，準確率達到 99%，因此是哪邊有問題尚須查明。那可能會造成本組實際量測有所誤差的原因可能有二。

其一，人為誤差，假設現場機器所量測的是正確的，那麼可能操作員的不同，會造成誤差。其二，程式考慮不周，或許對於超音波影像所測量的腰眼面積，必須考慮修正係數，才能預測實際的腰眼面積。

資料庫的部分，現在雖有一個雛型出來，但部分的功能尚不是做得很好，像是資安方面等，尚有許多的進步空間，日後再逐漸的建立

完整。

五、致謝

感謝謝清祿副教授，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，讓我們在撰寫程式這從完全沒有相關知識到現在製作出來的過程中，受益良多、收穫滿滿。

還有實驗室的學長們，在我們撰寫程式時，遇到不懂的地方，總是耐心的輔導我們如何判斷程式錯誤處與修改錯誤點，並也提供給我們一些程式上修改的建議，感謝行政院農業委員會在本研究的計畫經費支助，及中國文化大學在樣本資料的提供。

六、參考文獻

[1]行政院農業委員會，2016，養豬頭數調查報告。台北：行政院農業委員會。網址：https://www.naif.org.tw/upload/47/20170410_163518.2510.pdf。上網時間：2018-05-01。

[2]林智郁、羅玲玲、游適銘、林榮信，2016，「超音波儀器應用於肉豬屠體評級」，中國畜牧學會會誌，第 45 卷，增刊，第 79 頁。

[3]羅玲玲、陳培梅、吳瑞軒、林榮信、黃存后、林智郁、蔡政樵，2016，「台灣豬隻超音波與屠體組成性狀相關分析」，超音波技師訓練與認證研討會，雲林，第 25-43 頁。

[4]羅國良、王佩華、黃玉鴻，2012，「批次豬隻生長系統經營效益之分析」，中國畜牧學會會誌，第 41 卷，第 4 期，第 261-267 頁。

[5]羅玲玲、盧彥文、吳勇初、林智郁、蔡政樵，2017，「A 模式超音波儀器(SONO-GRADER)操作方式及標準作業程序」，超音波技師訓練與認證研討會，雲林，第 77-88 頁。

[6]羅玲玲、盧彥文、吳勇初、林智郁、蔡政樵，2017，「B 模式超音波儀器(Aloka SSD 500; Aloka ProSound 2)介紹及標準作業程序」，超音波技師訓練與認證研討會，雲林，第 89-115 頁。

[7]李春雄動畫並 2015 圖解資料庫系統入門與應用:使用 Access2013 實作，權華圖書股份有限公司，第 1-5~1-8 頁。

[8]李春雄動畫 2015 圖解資料庫系統入門與應用:使用 Access2013 實作，權華圖書股份有限公司，第 2-2~2-8 頁。

[9]李春雄動畫 2015 圖解資料庫系統入門與應用:使用 Access2013 實作，權華圖書股份有限公司，第 4-2~4-17 頁。

[10]蔡文龍、林義証、張志成、何嘉益、張力元、吳明哲，2017，Visual C# 2017 學習經典，松崗資產管理股份有限公司出版，第 14-4~14-5 頁。

[11]蔡文龍、林義証、張志成、何嘉益、張力元、吳明哲，2017，Visual C# 2017 學習經典，松崗資產管理股份有限公司出版，第 15-3~15-16 頁。

**Development a Measuring Program for
Backfat Thickness and Loin Eyes Area in
Ultrasonic Image of Pig**

Student :

Lin, Yu-Quan

Tsai, Tsung-Fu

Lin, Roun-Qing

Lin, Yu-Chi

Advisor :

Ching-Lu Hsieh

National Pingtung University of Science and
Technology
Department of Biomechanical Engineering

Abstract

In Taiwan, pig industry has made a large percent in total output of agriculture. Businessman change variety improvement in order to seek maximization of profits. Generally an imported ultrasonic instrument is applied, which doesn't contain domestic information in model calibration. Therefore, we conduct this project to make a system aiming at Taiwan pig. This project collaborated with Chinese culture university (CCU). They provided pig sample and we developed a program by using Visual Studio C# and Microsoft Access. Result shows the basic version that can measures and saves file in database. The accuracy for backfat thickness accuracy was about 99 percent, and loin eye area was about 75 percent.

Keywords: Pig, Ultrasonic, Database, Backfat thickness, loin eye area

可攜式 LAMP 手機分析檢測

學生姓名:蕭宇翔、陳嵩聲、劉守銓

指導老師:陳志堅 教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題提出 LAMP 手機分析檢測，用來解決檢測都要先去採取樣本再帶回去實驗室做分析的不方便。使用 Arduino UNO 來做溫度控制的部分，用 PID 來控制加熱棒之功率以利加熱裝置達到核酸複製的成效。本專題著重於檢測的部分，以手機所開發的檢測 APP 為核心，利用手機拍照功能，接著使用自行開發的 APP 來做影像的處理，計算該圖的 RGB 值以及灰階值，提供使用者可以在手機端進行即時核酸檢測。

關鍵字: LAMP、Arduino UNO、APP

術，由於操作十分簡單，儀器僅需溫度可達 60-65℃ 恆溫的水浴槽或乾熱板，因此適合田間篩檢、現場或床邊測試、初級照護機構、小規模臨床實驗室、偏遠物資缺乏地區，田野分子流行病學調查或大規模檢疫工作[1]。目前在動植物防檢疫上的診斷鑑定上，除了傳統的形態鑑定及病徵診斷外，生化、生理等技術亦被廣泛的應用。近年有一種新的生化方法-恆溫環狀擴增 (LAMP, loop-mediated isothermal amplification)，逐漸被應用在疫病蟲害的檢測上，反應時間雖然沒有比其它方法大量的縮短，但整體操作較為簡便，也兼顧到準確度、敏感度的優點。

二、文獻探討

一、引言

核酸增幅技術已成為生物學領域不可或缺的工具之一，在臨床醫學應用領域上，舉凡感染病原、遺傳疾病…等的檢測，皆扮演著舉足輕重的角色。除了一般人較熟知常用的 PCR 相關技術外，其他核酸增幅技術如依賴核酸序列擴增法 (nucleic acid sequence-based amplification, NASBA)、自主序列複製系統 (self-sustained sequence replication, 3SR)、鏈替代擴增法 (strand displacement amplification, SDA) 亦陸續被發展出來。2000 年日本 Notomi 等人研發出 LAMP 核酸增幅技

LAMP 技術與 PCR 技術主要不同之處在於前者可以在恆溫下反應，所以只需要溫度能達到 60-70℃ 的簡單恆溫儀器。LAMP 反應需要 3 組引子對 (primers)，分別為外引子對 (outer primers)、內引子對 (inner primers) 以及環狀引子對 (loop primers)，其中的引子對必須針對目標物序列的特異區而加以設計，這樣檢測目標物才會具有專一性。而反應中除了引子對外，尚要加入 Bst DNA 聚合酶，這是從一種細菌 (Bacillus stearothermophilus) 所純化生產的酵素，它可在一個最適溫度 (60-65℃) 與上述的引子

對進行聚合作用，增幅出具有自我互補能力的 DNA 片段，形成具有莖環(stem-loop-)的啞鈴型結構，藉此連續且重複反應，產生大量的 DNA 片段，在反應的過程中會有焦磷酸的釋放，與反應液中的鎂離子會形成白色的焦磷酸鎂(magnesium pyrophosphate)沉澱，隨著反應時間的增加，用肉眼即可觀察到大量的白色沉澱，也就是有檢測到目標物。有時尚可加入核酸染料溴化乙錠(ethidium bromide)或 SYBR Green I，然後用 UV 照射來觀察反應結果，效果比直接用肉眼觀察白色沉澱更佳。[2]

環介導等溫擴增(LAMP)是僅使用一種酶的新型核酸擴增方法。LAMP 方法的特徵之一是其合成極大量 DNA 的能力。因此，產生大量的副產物焦磷酸根離子，在反應混合物中產生焦磷酸鎂的白色沉澱。判斷這種白色沉澱物的存在或不存在可以容易地區分是否通過 LAMP 方法擴增了核酸。由於根據沉澱產生的反應混合物濁度的增加與合成的 DNA 量相關，通過濁度的實時測量實現 LAMP 反應的實時監測。[3]

一些恆溫式的核酸增幅方法得到了發展。恆溫式的核酸增幅方法例如恆溫式環形核酸增幅法(LAMP)可以在固定的溫度下進行，因此也不需要進行熱循環的過程，這極大的減少了溫度控制模組的複雜性以及能量的消耗，使得該方法更適於基於微流體技術的應用。和 PCR 相比，LAMP 有更好的靈敏性和專一性，反應時間也更短，以在一個小時內完成反應。LAMP 的這些優點使得它成為了一個具有前景的基於核酸的檢測技術。在生物醫學應用中，確定原始樣本中核酸的量是十分重要的。樣本中核酸的原始濃度可以使用即時 PCR 的方式得到。但是這個定量的過程需要一個參照物或者是標準曲線。而且，在這種大體積的反應時無法區分目標物濃度上細微的差異。為了克服這些缺點，發展出了數位化的

核酸增幅方法。[4]

環介導等溫擴增(LAMP)是一種既定的核酸擴增方法，可提供傳染病的快速、準確和成本效益的診斷。這項技術已經發展成為各種病原體包括細菌和病毒的市售檢測試劑盒。目前對 LAMP 方法的關注是作為一種診斷系統，用於發展中國家資源有限的實驗室，許多致命的熱帶病流行。LAMP 和新型微流控技術(如芯片實驗室)的結合可能有助於實現基因即時檢測系統，以供不久的將來發達國家和發展中國家使用。這次審查將描述這些技術的歷史，當前和未來發展。[5]

LAMP 是一種新型的核酸擴增方法，其使用一組四個特別設計的引物和具有鏈置換活性的 DNA 聚合酶在等溫條件下以高特異性，效率和快速擴增 DNA。我們開發了一種方法，通過使用額外的引物加速 LAMP 反應，稱為環引物。除了由內部引物雜交的環和主鏈置換 DNA 合成之外，環引物與莖環雜交。儘管內部和環狀引物都是通過環路進行反應，但它們是通過不同的機制來實現的。這裡介紹的 LAMP 方法使用環引物來實現小於原始 LAMP 方法一半的反應時間。由於包括檢測的總分析時間小於 1 h，這種新方法應該有利於遺傳分析，包括臨床實驗室的基因診斷。[6]

試劑在等溫條件下以高特異性，高效和快速反應。我們使用 LAMP 直接從痰標本中檢測結核分枝桿菌複合群，鳥分枝桿菌和胞內分枝桿菌以及檢測在液體培養基(MGIT; Nippon Becton Dickinson Co., Ltd., Tokyo, Japan)中生長的培養分離株或在一個堅實的媒介(小川的媒介)上。通過靶向 *gyrB* 設計物種特異性引物基因及其特異性在 24 種分枝桿菌種和 7 種非分枝桿菌種上進行了驗證。整個過程非常簡單，首先將所有試劑混合在一個管中，然後等溫反應，反應混合物保持在 63°C。通過將 SYBR Green I 加入反應管使得到的擴增子可見。擴增反應所需的唯一設備是常規實驗室

水浴或加熱塊，提供 63°C 的恆定溫度。該測定法具有 5 至 50 個純化 DNA 拷貝的檢測限，具有 60 分鐘的溫育時間。對於結核分枝桿菌的種屬鑑定，反應時間可縮短至 35 分鐘複合體，鳥分枝桿菌和胞內分枝桿菌來自固體培養基。在 LAMP 測定中測試從 66 個痰樣品中為 Amplicor 測定（Roche Diagnostics GmbH）製備的殘餘 DNA 裂解物。雖然用於後一種測定的樣品量很小，但是 2.75 μ l 的 DNA 裂解物顯示出與 Amplicor 測定相當的性能，這需要 50 μ l 的裂解物。這種基於 LAMP 的檢測方法簡單，快速，靈敏；35 分鐘可獲得固體培養基培養結果，60 分鐘可獲得液體培養基或含有相應量的可用於測試的 DNA 的痰標本。[7]

我們使用 LAMP 檢測中，整個過程非常簡單，首先將試劑混合在反應槽中，然後進行等溫反應，在此期間反應混合物保持在 61~65°C。通過將螢光顯劑加入到反應槽中來顯示所得的擴增子並用特定的光波激發。擴增反應所需的設備是常規的實驗室以及加熱鋁塊，提供 63°C 的恆定溫度。LAMP 的測定法簡單，快速且靈敏。

三、研究內容與方法

3-1 研究方法

3-1.1 熱控模組

本專題中的加熱模組係利用 Arduino UNO 板、DS18B20 溫度感測器、LCD 螢幕、加熱棒、18650 電池及降壓模組，製出溫度控制模組，此熱控模組以 Arduino UNO 板為處理核心，首先會將 DS18B20 所量測到的溫度呈現於 LCD 螢幕上，PID 程式再依據此量測溫度與一開始設定溫度進行比較與運算，最終以 PWM 模式輸出功率訊號至加熱棒，進而對鋁塊進行加熱。如圖 1

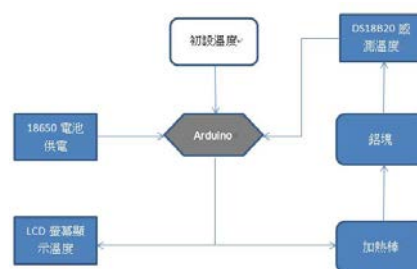


圖 1 熱控流程圖

PID 控制是目前使用最廣泛的反饋控制形式。儘管過去 20 年來控制理論取得了非凡的進展，但工業工程師傾向於將大部分控制理論視為深奧且與工業問題關係不大。在大多數教科書中對 PID 的處理只有幾頁，並且僅限於理想化的操作版本。

PID 溫度控制與 ON-OFF 溫度控制之比較：一開始溫度控制模組是採用 ON-OFF 動作對鋁塊進行加熱，即目前溫度比設定值小時，加熱棒通電動作升高溫度；目前溫度比設定值大時，加熱棒不通電，這種以加熱棒電源供應的開(ON)、閉(OFF)來保持溫度一定的控制方式，稱之為 ON-OFF 控制。又因其操作量為 100%及 0%兩種，故也成為二位置動作，如圖 2(a)。

不過雖然 ON-OFF 溫度控制簡單，但會產生震盪即 OVERSHOOT(超越)，不符合本專題所要求。所謂 OVERSHOOT 係指在電源投入後第一次對溫度設定的超量值，如圖 2(b)。

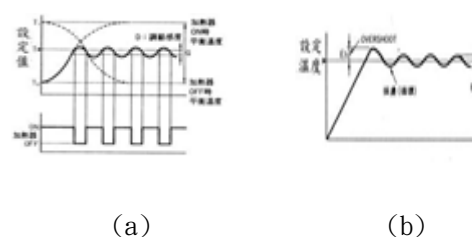


圖 2 ON-OFF 與 PID 比較圖

後來改採用 PID 溫度控制如圖 3，即組合 P(比例動作)、I(積分動作)及 D(微分動作)，其中使用比例動作更不容易產生震盪及 OVERSHOOT，使用積分動作可以自動修正 OFFSET，使用微分動作對抗偏差可以得到快

速的反應。

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

圖 3 PID 方程式

$u(t)$ ：輸出功率 K_i ：積分增益 e ：溫度差

K_p ：比例增益 K_d ：微分增益

其中當 $u(t)$ 大於 255 時，無條件等於 255，當其小於 0 時，無條件等於 0(輸出功率介於 (0-255))。Kp、Ki、Kd 均為可調控參數。e 值則為目標溫度減去目前溫度。

控制種類	優點	缺點
ON-OFF 動作	●控制簡單 ●不會發生 OFFSET	●產生震盪及 OVERSHOOT
比例動作	●震盪及 OVERSHOOT 很小	●OFFSET 會與設定值產生誤差
積分動作	●消除 OFFSET	●反應慢
微分動作	●反應速度快	●不能單獨使用(要與比例動作組合)
PID 動作	●能獲得良好的控制特性	●要設定 PID 參數

表 1 各溫度控制比較表格

3-1.2 裝置模組

加熱棒必須透過一個媒介來加熱樣本，因此我們利用 SolidWorks 設計了此鋁塊如圖 4，並且在中間挖一個可以把 DS18B20 放進去以及可以完全包覆加熱棒的孔，上面的槽是要將放了樣本的反應槽可以放在鋁塊上加熱，旁邊的圓弧是為了使用鑷子夾取反應槽的時候更方便而設計的，最後再加上一個蓋子，怕樣本在

加熱的時候蒸發而有失準確度。

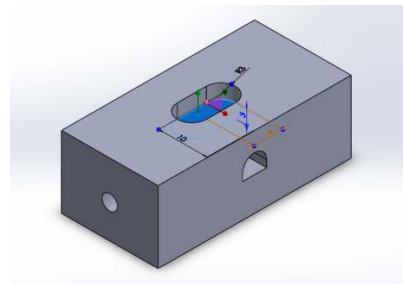


圖 4 鋁塊立體圖

3-1.3 檢測模組

要檢測核酸是否有擴增成功的方法有很多種，例如：可以利用凝膠電泳[8]來觀察是否擴增成功，但是要等機器跑 30 分鐘左右，沒辦法即時得知檢測結果；或者是用肉眼觀察是否有沉澱但是每次結果可能不夠準確。本專題中的檢測模組是利用樣本加入螢光染劑後，在特定的光波照射下激發，隨著樣本的擴增越來越亮，接著我們要利用手機來拍照，對所拍攝的照片做影像處理，計算其 RGB 及灰階的值來做亮度比較，就可以清楚的知道是否有成功的擴增。如圖 5 為其檢測流程。



圖 5 檢測流程圖

3-1.3.1 Android Studio 介紹

Android 作業系統的核心屬於 Linux 核心的一個分支，具有典型的 Linux 排程和功能。Android Studio 是一個為 Android 平台開發程式的整合式開發環境。2013 年 5 月 16 日在 Google I/O 上發布，可供開發者免費使用。2013 年 5 月發布早期預覽版本，版本號為 0.1。

2014 年 6 月發布 0.8 版本，至此進入 beta 階段。第一個穩定版本 1.0 於 2014 年 12 月 8 日發布。Android Studio 基於 JetBrains IntelliJ IDEA，為 Android 開發特殊客製，並在 Windows、OS X 和 Linux 平台上均可執行。[9]

Patrick Brady 於 Google I/O 演講「Anatomy & Physiology of an Android」，並提出的 Android HAL 架構圖如圖 6。HAL 以 *.so 檔的形式存在，可以把 Android framework 與 Linux kernel 隔開，這種中介層的方式使得 Android 能在行動裝置上獲得更高的執行效率。這種獨特的系統結構被 Linux 核心開發者 Greg Kroah-Hartman 和其他核心維護者稱讚。Google 還在 Android 的核心中加入了自己開發製作的一個名為「wakelocks」的行動裝置電源管理功能，該功能用於管理行動裝置的電池效能，但是該功能並沒有被加入到 Linux 核心的主線開放和維護中，因為 Linux 核心維護者認為 Google 沒有向他們展示這個功能的意圖和代碼。本專題主要是用相機驅動程序、圖像系統、程式資料庫等…。



圖 6 Android 架構 [10]

3-1.3.2 RGB 影像分析

我們人眼之所以可以看見各種色彩，是因為光線有不同波長所造成的，人的眼睛對其中三種波長的光線感受特別強烈，這三種光線就是 R(紅色)、G(綠色)、B(藍色)如圖 7，讓我們可以感受到顏色。一張圖片是由許多顏色所組合而成的，大多數的顏色就是通過紅、綠、藍三

色按照不同的比例合成產生。同樣絕大多數單色光也可以分解成紅、綠、藍三種色光。RGB 是處理圖像最常用的一種運算模式，在這種模式，比較方便，而且，RGB 存儲的圖像比較小，可以節省記憶體和空間。

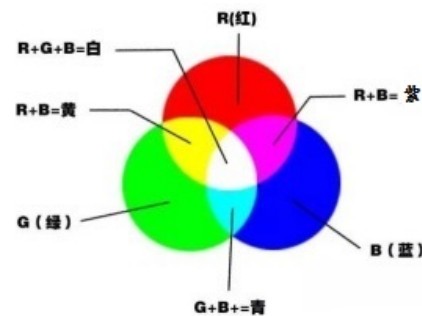


圖 7 三原色 [11]

3-1.3.3 灰階影像

灰階是一種 8 位元的影像，以 8bit 來表示，共有 256 種深淺不一的灰色組合。彩色影像每個像素(pixel)有三個值，以 RGB 的順序排列而灰階 (Gray scale) 影像每個像素只有一個值。當擷取彩色影像圖檔之後，若不做灰階化處理，會使得判斷很容易產生誤會，不知道是該看 R 值、G 值還是 B 值，所以在擷取彩色圖檔之後就要使用灰階化，方便我們觀察。灰階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是任何顏色的不同深淺，甚至可以是不同亮度上的不同顏色。轉換灰階的公式如圖 8。

$$\text{gray} = (\text{red} \times 0.3 + \text{green} \times 0.59 + \text{blue} \times 0.11)$$

圖 8 灰階公式

3-2 研究材料與設備

3-2.1 研究材料

DS18B20 如圖 9 是 DALLAS 公司推出的單線數位溫度感測器，測量溫度範圍為 -55°C~+125°C，-10~+85°C 範圍內的精度為 ±0.5°C。本專題用來檢測鋁塊裡面的溫度並

顯示在 LCD 顯示器上以便我們可以得知目前的溫度。



圖 9 DS18B20

18650 電池如圖 10 是目前最普遍使用的一種圓柱狀鋰電池，小至筆電電池、數位相機、行動電源，大至 TESLA 電動車、電動機車都普遍應用電池組成的模組；「18650」名稱中的「18」代表「直徑 18 公釐」，「65」代表「長度 65 公釐」，「0」指的是圓柱形的電池，大小約與一般的三號電池相當。本專題利用四顆電池來提供電力。



圖 10 18650 電池

TIP 電晶體如圖 11 我們使用 NPN 型 TIP120 電晶體，電晶體的三隻腳分基極(base)、集極(collector)、射極(emitter)，電晶體最常被拿來做電路控制的開關使用，可以看到電路是由集極→射極，平常是斷路的，而經由基極給的訊號來決定開關，LOW 就斷路，HIGH 就開通。本專題用來控制加熱棒的輸出功率。

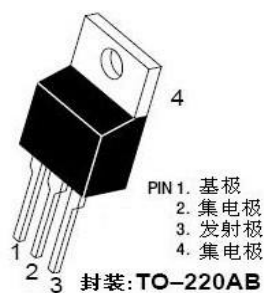


圖 11 TIP 電晶體

3-2.2 設備

3-2.2.1 硬體

CO₂ 雷射雕刻機[12]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、少汙染。本專題使用雷射機如圖 12 用於製作壓克力外殼以及內部的隔板等小零件。

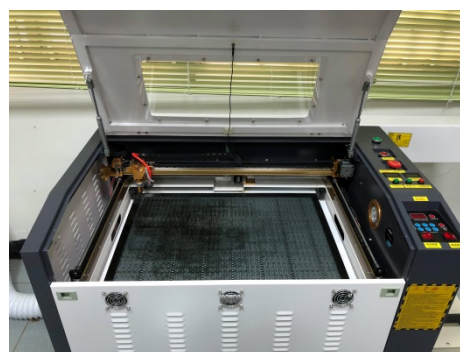


圖 12 雷射雕刻機

銑床如圖 13 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。本專題用來做鋁塊的細部調整。



圖 13 傳統銑床

Arduino UNO 如圖 14 是一個 開放原始碼的單晶片微控制器，它使用了 Atmel AVR 單片機，採用了開放原始碼的軟硬體平台，建構

於簡易輸出/輸入 (simple I/O) 介面板，並且具有使用類似 Java、C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。其中官方硬體有 UNO、Mega、Nano、Yun...等。本專題使用 UNO 寫 PID 加热的程式以及將溫度感測器顯示在 LCD 上。



圖 14 Arduino UNO

我們使用 DC-DC 有螢幕顯示的降壓模組如圖 15，將輸入電壓經過降壓模組調整，變成所需要的電壓。本專題使用兩個降壓模組，其中一個將電池的 12V 降壓成 10V 的電壓給加熱棒，另一個則是將 10V 的電壓再降壓至 5V 供電給 Arduino UNO 板作動。



圖 15 降壓模組

LCD 如圖 16 為平面薄型的顯示裝置，由一定數量的彩色或黑白畫素組成，放置於光源或者反射面前方。液晶顯示器功耗低，因此倍受工程師青睞，適用於使用電池的電子裝置。

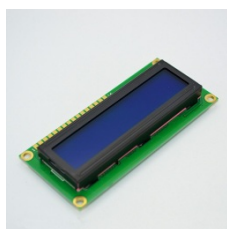


圖 16 LCD 液晶顯示器

四、結果與討論

研究成果：

本次研究主要分成三個部分，熱控、裝置以及檢測三個部分以下為本研究成果：

熱控：我們這次選用 Arduino UNO 來做我們的溫度控制，加热的部分是使用 PID 來做控制，跟 ON-OFF 開關來比較，PID 加熱可以較線性而且溫度也比較穩定，但由於要調整的參數比較多，且很容易受到環境的因素影響計算的結果，所以並沒有辦法很精確的恆溫在 63 度。我們使用 tera term[13]量測 30 分鐘之後可以從圖 17 溫度統計圖得知在 65 度之後溫度才慢慢的降了下來，之後一直維持在 61~64 度。由於 PID 的參數很容易受到干擾，調的不是理想，加熱的速度也很緩慢，在第九分鐘時才在 63 度左右恆溫。

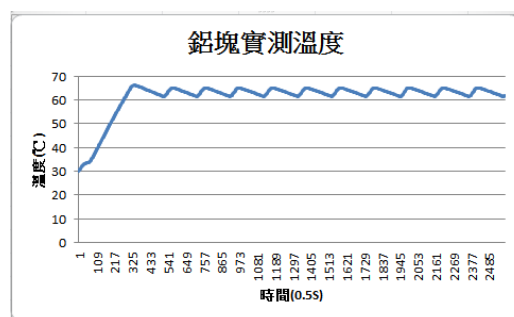
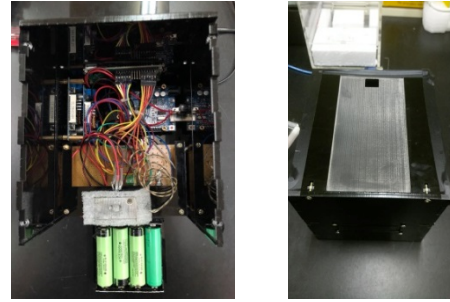


圖 17 鋁塊溫度實測圖

裝置盒：我們的裝置盒是由六塊黑色壓克力組裝而成的如圖 18(a)將我們的電路如圖 19 包覆在裡面。我們將電池放在盒子的底部，電池座還有鎖一片底板，方便隨時可以抽出來充電；LCD 直接鎖在前板，以便我們在實驗時觀察加熱狀況；右板我們有開兩個洞，分別是開關以及 UNO 板的連接埠開口，方便隨時更新程式；我們還使用銅柱架高電路板避免誤觸電池產生短路；降壓模組直接鎖

在左板；加熱鋁塊放置在電路板上架高的隔板上，除了讓手機更容易對焦外也為了讓高溫不要接近電路以免失靈；我們在上蓋如圖 18(b)有挖一個用來固定手機的槽，為了讓每次拍照的位置都一樣。最後使用滑蓋的方式將整個裝置盒關起來，方便打開更換樣本或其他零組件。



(a) (b)

圖 18 裝置盒內部成品圖

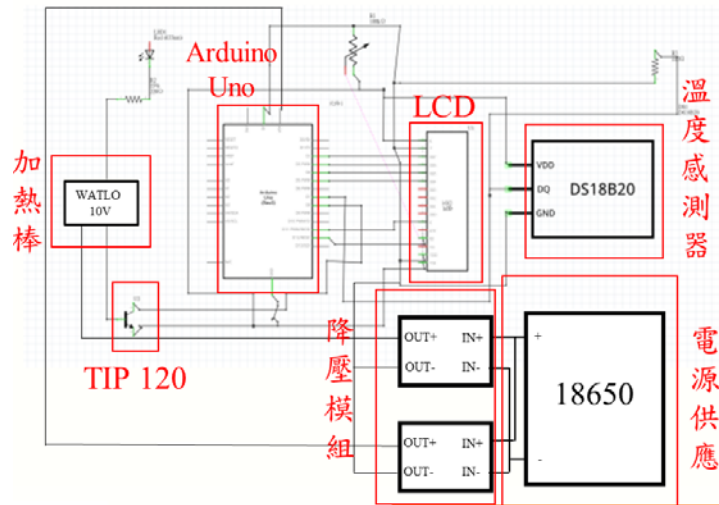


圖 19 裝置電路圖

檢測部分：本專題中的檢測模組是利用 Android Studio 來製出檢測模組 APP 如圖 20，此檢測模組的功能是利用手機的相機來做拍攝，然後從手機的內部儲存空間或記憶卡中選取圖片，接著剪裁圖片，選取需要檢測的範圍，預覽出來再次確定圖片是否有錯誤，然後再按下計算按鈕，運算該張圖片五個點的 RGB 值並轉換成灰階再做平均值，結束後列印出結果呈現出來。我們在反應時每 10 分鐘拍一張照片並記錄下來如圖 21(a)~(f)。我們就可以由灰階程度清楚的知道螢光有慢慢的擴增如圖 22。

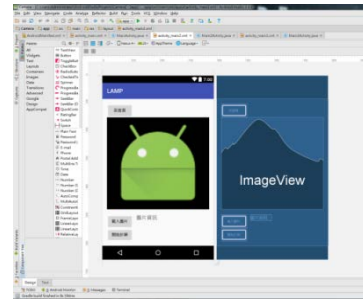
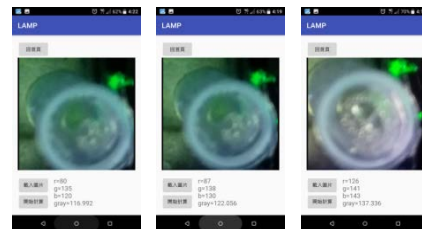
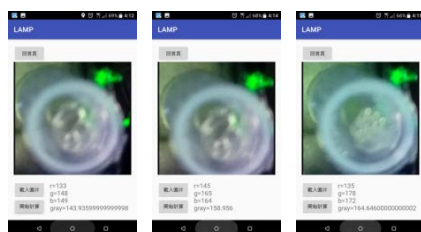


圖 20 APP 設計圖



(a) (b) (c)



(d) (e) (f)

圖 21 APP 使用成果圖

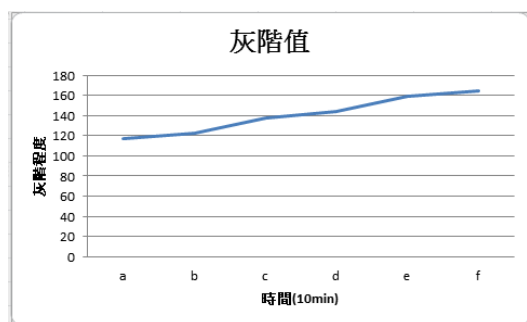


圖 22 灰階程度圖

五、結論

本專題製作並改良現有的加熱裝置，藉由 Arduino UNO 來控制加熱，並可以利用 PID 控制加熱平台達到恆溫的效果，使加熱平台溫度分佈均勻，最後利用銑床、雷射雕刻機來製作出我們的鋁塊、反應槽以及裝置盒，相較於其他成形方式較為簡易、快速。檢測的部分利用 Android Studio 撰寫的手機程式能夠進行拍攝、選取圖片、剪裁圖片以及背景運算 RGB 值並且轉換灰階然後顯示出來的能力，方便使用者可以更快速的去做分析與檢測。最終製作出可攜式 LAMP 手機分析檢測。

六、致謝

首先感謝專題指導老師陳志堅老師，在途中面臨到無法解決的問題時，引導我們解決的步驟及方向，使我們在研究途中的問題能夠迎刃而解。再來衷心感謝宋儀軒學長提供熱控模組的知識及 PID 溫度控制程式的技術，適時的從旁指導。最後感謝黃中佑學長在檢測模組的幫

忙，跟我們討論及研究如何撰寫。非常感謝老師及學長在這段期間所有的照顧與協助。

七、參考文獻

- [1]衛生福利部疾病管制署
<http://61.57.41.134/info.aspx?treeid=075874dc882a5bfd&nowtreeid=875e420d705a97d9&tid=582AEC1BBA4C101A> 2004 年 6 月 第 20 卷 第 6 期
- [2]Notomi T, Okayama H, Masubuchi H et al. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Res. 2000;28:E63.
- [3]Mori, Y., Nagamine, K., Tomita, N., & Notomi, T. (2001). Detection of loop-mediated isothermal amplification reaction by turbidity derived from magnesium pyrophosphate formation. Biochemical and biophysical research communications, 289(1), 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]Mori, Y., & Notomi, T. (2009). Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): a rapid, accurate, and cost-effective diagnostic method for infectious diseases. Journal of infection and chemotherapy, 15(2), 62-69.
- [6]Nagamine, K., Hase, T., & Notomi, T. (2002). Accelerated reaction by loop-mediated isothermal amplification using loop primers. Molecular and cellular probes, 16(3), 223-229.
- [7]Iwamoto, T., Sonobe, T., & Hayashi, K. (2003). Loop-mediated isothermal amplification for direct detection of Mycobacterium tuberculosis complex, M. avium, and M. intracellulare in sputum

- samples. Journal of clinical microbiology, 41(6), 2616-2622.
- [8]宋克雲, 張如勝, 歐新華, 蘇良, & 楊秋林. (2009). RT-LAMP 快速檢測 Norwalk 病毒 G II 型. 病毒學報, 25(4), 291-295.
- [9]Android Studio Release Notes. Android Developers Official Website. June 8, 2017 [June 9, 2017]
- [10]Tim Bray. What Android Is. ongoing by Tim Bray. 2010-11-24 [2011-10-27]
- [11]攝影中的色彩空間原理 2016-12-13 16:26 牧夫
- [12]劉海北, 2005, 雷射的原理與應用, 科學發展, 386, 14-21。
- [13]Ionel, R., Vasiiu, G., & Mischie, S. (2012). GPRS based data acquisition and analysis system with mobile phone control. Measurement, 45(6), 1462-1470.

Student: Yu Hsiang Hsiao、Sung Sheng Chen、
Shou Quan Liu
Advisor : Dr. Jyh Jian Chen

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

This topic proposes LAMP mobile phone analysis and detection, which is used to solve the problem that the detection must first take a sample and then bring it back to the laboratory for analysis. Using the Arduino UNO as a temperature control part, PID is used to control the power of the heating rod to facilitate the heating device to achieve the effect of nucleic acid replication. This topic focuses on the detection part. It uses the detection APP

developed by the mobile phone as the core, uses the mobile phone camera function, and then uses the self-developed APP to process the image, calculates the RGB value and the grayscale value of the figure, and provides users with the Instantaneous nucleic acid detection on the mobile phone.

Keyword : LAMP、Arduino UNO、APP

自動噴霧系統探討之研究

學生姓名：鍾勝成、何相丞

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

現今的農業逐漸走向自動化，隨科技進步自動控制也逐漸成熟普及。為提高農業生產的效率，增加在農業的方便性，減少藥桶在噴霧時，造成噴灑植物不均勻，導致藥物大部分流失至環境中，造成環境汙染，除了改善噴霧系統原有的缺失，本專題使用 Arduino 單晶片微控制器，控制 Pixy 影像處理、光流量計、水壓力傳感器及光測量儀器，除了改善農藥造成浪費及噴霧效果不良的問題外，主要是讓噴霧系統走向更多元的發展空間。

關鍵字：Arduino、Pixy、流量計、自動控制、光測量儀器、水壓力傳感器

一、引言

在現今農業中強調高作物生產效率以及降低人力成本，為了提高作物穩定性及可持續發展性，病蟲害的防治為農業生產重要條件，利用機械施灑化學農藥，是目前保護作物生長的必要因素，但錯誤的觀念及濫用農藥，導致農藥利用率低〔1〕，仍是目前需要解決的問題，從機械噴霧車藥桶施灑的農藥只有 25%~30% 能夠沉積在葉面上，有不足 0.03% 能夠達到殺死害蟲的效果，而機械施藥及農藥安全使用的方面，依然欠缺相關方面的知識，不當使用機械，容易導致農藥飄移流入環境，導致周圍環境造成嚴重影響，使生物及人受到健康的威脅，蔬菜、畜牧產業均受到汙染，嚴重影響進出口農產品及食用安全。

自動噴霧系統分為檢測階段、噴霧改良階段、自動噴霧實施階段，設計一個能夠控制流量及壓力的噴霧系統，為重要的目的〔2〕。

自動噴霧系統運用 Arduino〔10〕當作介面端，配合 Pixy

〔8〕影像辨識方式，控制流量及壓力感測器，調整農業在施藥方面過量的問題並調節噴霧壓力輸出，改善農藥對環境汙染的影響，提升施藥技術高效率，提高對農作物的生產效率〔3〕。

自動噴霧系統優、缺點：

優點：

1. 工作效率提高
2. 勞力付出低
3. 噴霧效率高

缺點：

1. 機械噪音大
2. 機械體積龐大
3. 機械結構複雜

二、研究內容與方法

本專題實驗為運用不同環境情況變數下，藉由影像辨識噴霧系統的方式，觀察並改善噴霧系統對植物噴灑的良率狀況，再藉由感測器監測管內流量並調節壓力，達到穩定的噴灑情況。

2.1 噴霧系統周圍設備

儀器的部分包含了部分感測系統、馬達及機械運作的方式，結合運用使自動噴霧系統正常運作〔13〕。

2.1.1 噴霧車動力與外部設備

如圖一所示噴霧車車體為 ATEX 的 XGH505H 高床引擎搬運車，搭載 OHV 單缸汽油引擎，於車上安裝 SLT-1500 容量 1500 公升水箱，並用可調式履帶替代輪胎，以克服顛頗的田間道路〔6〕。



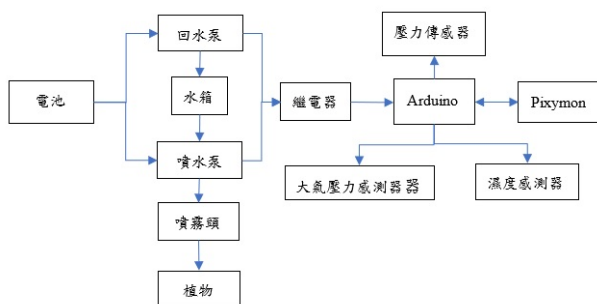
圖一 XGH505H 高床引擎搬運車

表一 高床引擎搬運車

高床引擎搬運車床面積		OHV 單缸汽油引擎
長	2050mm	6 段變速 F4/R2
寬	1175-1975mm	履帶間隔 900mm-1700mm
高	140mm	淨重:370 公斤

2.2 自動噴霧系統

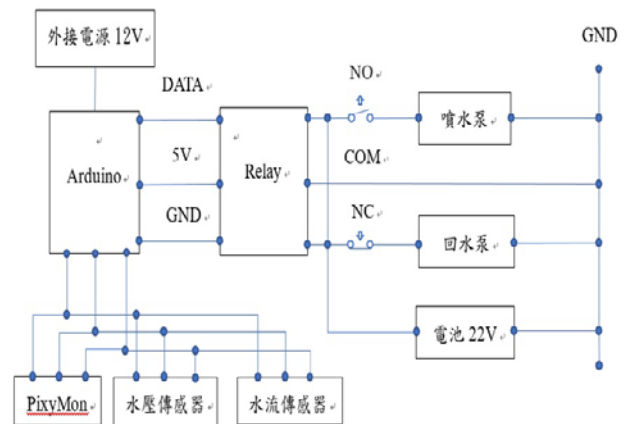
藉由傳輸訊號給各式感測器及電路系統的方式，控制馬達及噴霧系統，給予限制流量或是定時的噴霧的程序指令。



圖二 流程圖

2.2.1 自動噴霧之電路系統

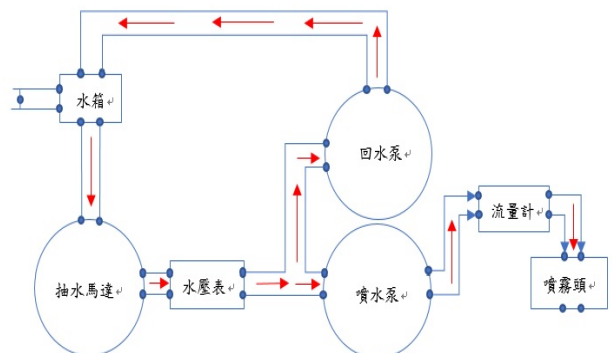
如圖二所示利用 Arduino 連接影像辨識鏡頭 Pixy、兩顆隔膜泵，和一顆抽水馬達組合而成；隔膜泵使用一顆 22V 的電池供電，Arduino 則是使用輸出電壓 5V 的行動電源，抽水馬達使用 11.5V 之電池供應。



圖三 噴霧系統電路圖

2.2.2 自動噴霧之水路系統

如圖三水箱連接抽水馬達將水送至兩個隔膜泵；其中一個連接到噴嘴，另一個連接回水箱，水箱另設置洩水閥與一壓力計。



圖四 噴霧系統水管圖

2.3 感測系統介紹

此噴霧車安裝了溫度、濕度、大氣壓力感知器與水流量計，利用溫、溼度與大氣壓力感知器來偵測環境變數將訊號回傳給 Arduino，進而控制噴嘴的噴水量；水流量計則是偵測水管內的流量與壓力，進而監控管內狀況。

2.3.1 Arduino 控制系統

Arduino 是一種開放授權的互動環境開發技術，互動裝置其實無所不在，像是倒車雷達，過於靠近物體會發出聲音警告。目前大多數的設計工具都是為了工程師設計，除了電路外還需要廣泛的知識，才有辦法完成電路。還好微處理器有了長足的進步，在使用上變得更為容易，且提供了簡單好用的 I/O 介面，並可使用類似於 Java、C 語言等高階語言的開發環境。其主要可區分為三大類，分別是硬體、軟體及擴充原件。學習門檻較簡單，不需要電子電機相關科系的背景，也可以很容易學會 Arduino 相關互動裝置的開發。

2.3.2 Pixymon 影像辨識系統

Pixy 是一種開源視覺傳感器，可直接連接到 Arduino 板上。教它找東西，安裝在其它產品上使機器變成一個有眼睛的智能機器，配合一切需要用到視覺系統的東西。它強大的處理器上搭載著圖像傳感器，可以配合 PC 分析許多有顏色的數據。

Pixy 會選擇性的處理有用的信息，因為它採用以顏色為中心的辦法，使用 Arduino 板或其它微控制器很容易控制。Pixy 每五十分之一秒(20 毫秒)處理一整幅 640×400 的圖片。這意味著每 20 毫秒你就能夠獲得一次有關所偵查物體位置的全面更新。

2.3.3 溫溼度感測器

利用 DHT-11 結合濕度計和測溫元件量測週遭空氣環境，並與一個高性能 8 位元單晶片相連接，將所量測到的溫、濕度資料拆解成為數位訊號，再由 data pin 腳將資料送出。使用很簡單，但是抓取資料時必須要特別注意時間的掌控，所以每筆資料的抓取時間間隔約 1~2 秒鐘，跟 DHT-22 相比 DHT-11 較不精密與準確且溫濕度量測範圍不大，雖然如此，但對於學習與熟悉溫、濕度感測卻是綽綽有餘，傳輸的距離又可長達 20m 以上，而且比 DHT-22 較小且便宜許多，是十分方便的簡易測試元件 [11]。

2.3.4 大氣壓力感測器

BMP180 是一款高精度、小體積、超低能耗的壓力傳感器，可以應用在移動設備中。並測量噴霧的大氣壓力，它的性能卓越，絕對精度最低可以達到 0.03hPa，並且耗電極低 [4]。

2.3.5 水流量計

規格如表二所示 SEN-HZ21WA [12] 水流量感測器採用 4 分管，G1/2 外牙，一字型結構，尼龍加玻纖，防水防爆，耐熱耐冷，可作水流開關使用，同時也可用來計量流量 [5]。

表二 SEN-HZ21WA 規格表

尺寸	58*38*38mm
最大流體壓力	1.75 MPa
最大流量	30 L/min
管接頭管徑	1.9 cm Outer Dia, 1.1cm Inner Dia

2.3.6 水壓力傳感器

此水壓傳感器採用 DFRobot Gravity 標準 3-Pin 接口，標準 5V 供電，0.5~4.5V 線性電壓輸出，可兼容各種 Arduino 控制器。水壓傳感器就像是貼著水管的聽診器，它會告訴你許多水的信息，包括水的強弱，水的有無。傳感器內部有矽單晶材料，矽單晶材料在受到外力作用產生極微小應變時，其內部原子結構的電子能級狀態會發生變化，從而導致其電阻率劇烈變化，形成壓阻反應 [9]。

2.3.7 手持式光量測儀

手持式光量測儀 (MR-16)，優點為擁有體積小、抗震、耐摔及可攜性。穩定度優良、校正需求低、每年可省下許多昂貴校正費用。測量精準、穩定性高，且易與各式軟硬體整合提供多樣化的廣泛應用。手持式光量測儀 (MR-16) 可針對所有可見光源進行量測，透過觸控式螢幕直覺操作、即時呈現量測圖譜與多樣量測數據值，同時提供多種規格便於光量子數 (PPF) 或 LED BINS 之量測 [7]。

2.4 實驗步驟與參數

利用 Arduino 控制各感測器的方式，分別測出不同的壓力、流量、溫度、濕度、大氣壓力及光照度對於影像處理系統及噴霧系統的影響，並改善噴霧良率使得自動噴霧系統更加完善。

2.4.1 光照度對於噴霧良率影響

首先要確保影像辨識系統對於光照度的敏感度，因此測試兩種不同植株高度 14.5cm、23.5cm 的植物，觀察相同光照度下，對於噴霧系統良率的影響情況，並製作成表格(附錄一)及圖表。

2.4.2 大氣壓力與溫溼度對於噴霧系統影響

測試完光照度之後，我們需要知道大氣中的壓力及溫溼度，以利我們在工作時，能夠更加方便，因此加裝大氣感測器及溫溼度感測器，測試溫濕度及大氣壓力對於辨識系統的影響，並製作成表格(附錄二)。

2.4.3 噴霧系統流量與壓力之間的影響

流量及壓力在噴霧系統中占據了很重要的位置，所以噴霧系統狀況中，我們需要知道流量及壓力對於噴霧的影響，還有流量及壓力之間的關聯，利用壓力傳感器及流量計測量數據並製作成表格(附錄三)。

2.4.4 檢測系統噴霧量之測試

將一般噴霧系統與自動化噴系統做比較，測試兩種噴霧系統在同樣的時間，噴霧量的變化量，並檢測自動系統節省的水量。

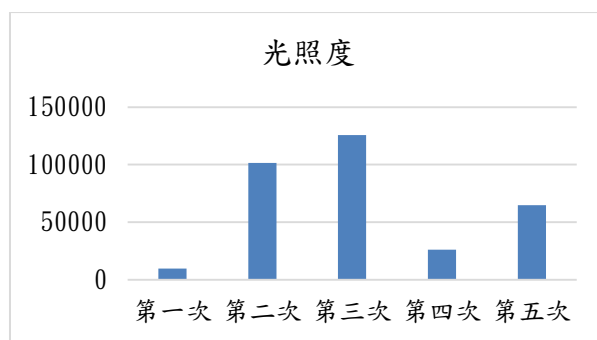
2.4.5 系統未來改良計畫

由實驗可以看到光照度為八萬以下時，噴霧良率都是特別低的，而植株高度太低也是影響噴霧良率的因素之一，從這裡可以看出影像辨識系統的對於光亮的敏感度，環境太暗鏡頭會有偵測不良的情況，解決方式為在鏡頭附近接一顆高亮度的 LED，植株高度解決方法為改變鏡頭高度，在履帶車架下方加裝一個可移動式橫桿，並將鏡頭固定上去。

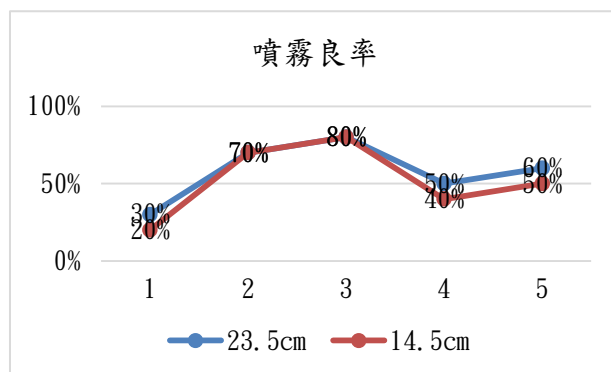
三、結果與討論

3.1 光照度對於噴霧系統影響

如圖四、圖五所示，在相同的光照度、不同的植株高度下，分別在地上放置十盆植物並測量出分別的噴霧良率情況，如圖可看出在高光亮度，植株高的植物噴霧良率較好，表示光照度越高，植株越高的植物，影像辨識的效果越清晰，所以噴霧效果較明顯。



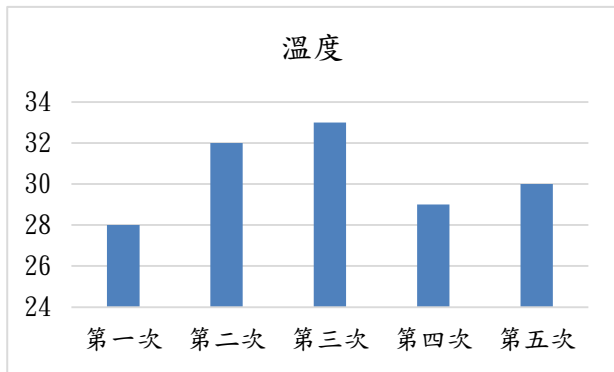
圖五 測量之光照度



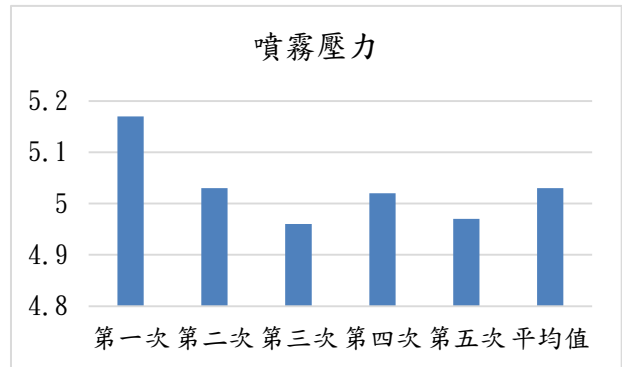
圖六 噴霧良率

3.2 溫濕度及大氣壓力度對照值

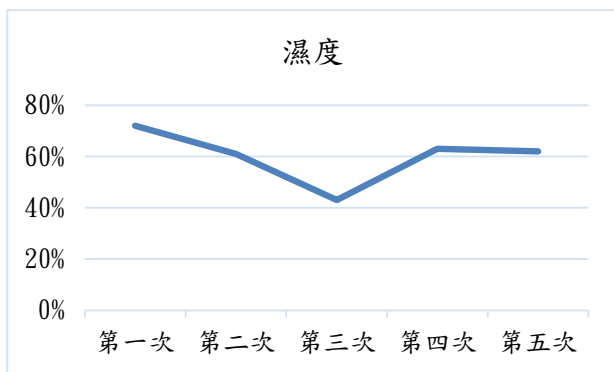
如圖六、圖七、圖八，運用 Arduino 連接溫濕度感測器及大氣壓力感測器方式，讓噴霧系統辨識該天氣是否需要達成噴霧的需求，而溫度濕度的準確度仍需要與其他感測器配合。



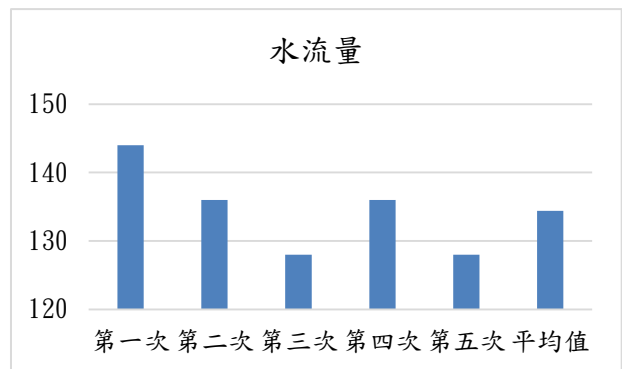
圖七 溫度表



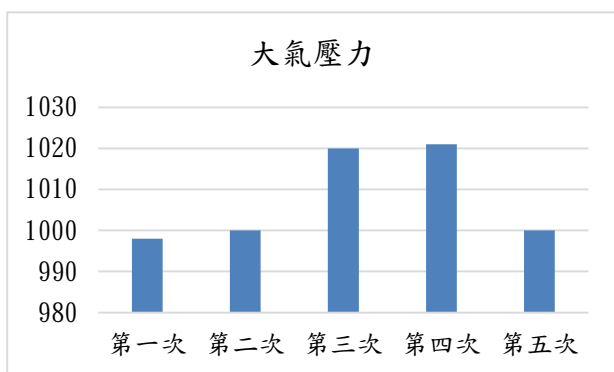
圖十 噴霧壓力表



圖八 濕度表



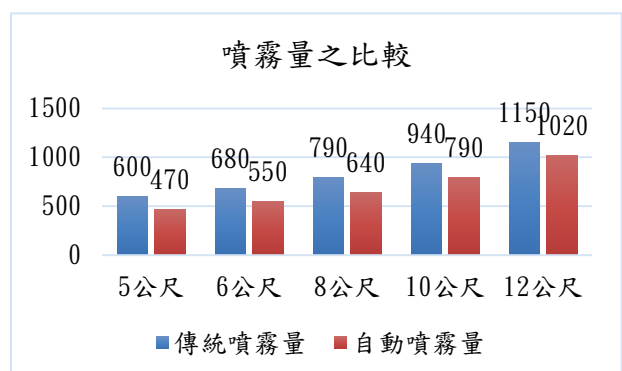
圖十一 水流量表



圖九 大氣壓力表

3.4 噴霧系統噴霧量之檢測

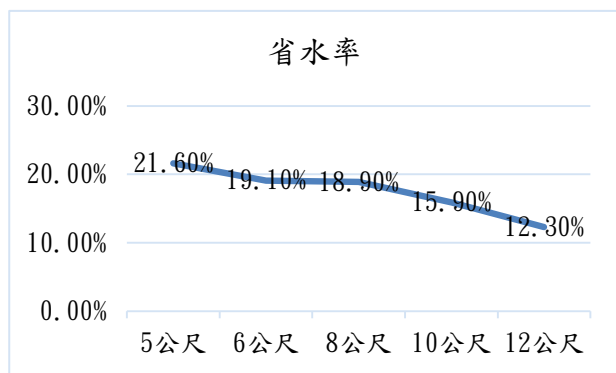
如圖十一、圖十二，比較在不同公尺的測量下，傳統與自動噴霧系統的省水率，並確認自動系統是否達到省水目的。



圖十二 噴霧量比較圖

3.3 噴霧系統流量與壓力之間的影響

如圖九、圖十，噴霧壓力與噴霧流量有密切的關係，噴霧壓力越大時，表示流量速度越快，但是在噴霧時，有噴霧壓力太大或太小的問題，因此配合流量的控制及影像處理的方式是否可以解決，仍還需要探討。



圖十三 不同距離省水率

四、結論

實驗結果大部分因為辨識系統光線不足，或者是辨識率太低的影響，而造成噴霧系統的過量噴霧或是不噴霧情況，因此我們改善了影像辨識的系統問題，使用 LED 白燈及運用影像校準的方式使辨識系統更加清晰，有效的使用 LED 光，能提高光能利用效率與減少光源與被照植物距離，並有效的達成噴霧良率的提升 [15]。

本專題利用 Arduino 控制許多的感測器，並測量影響噴霧系統的因素，由於感測器目前仍然有精確度的問題，而噴霧良率方面仍有待改進，如噴霧效果仍會因為影像辨識不良而不穩定、履帶車還是需要人力控制行走、壓力、流量感測器精確度及計時問題，希望下次能針對這些問題進行改善。

未來期望改善感測器精確度以及人力控制問題，未來希望能夠利用 GPS 定位的方式，給定一個訊號，並控制引擎前往定位工作，改善人力控制完成更貼近人工智慧的系統，而感測器希望未來能使用更高機密度的感測器，完成精確度更高的自動噴霧系統。

五、致謝

這次的專題實驗對於我們來說是一個新的挑戰，從一開始分散的零件到組裝完成，實驗室的學長們幫了我們很多，當中遇到最大的困難就是程式的編寫，一

開始我們對於 Arduino 的程式編寫幾乎是一竅不通，在這方面非常感謝傑文學長的鼎力相助，他耐心的指導我們關於 Arduino 的一些功能與編寫語法，讓我們能成功將這輛噴霧車完成。然而我們由衷感謝的就是苗志銘 教授了，老師在指導時會將所有的問題與會遇到的狀況告訴我們，讓我們有時間去找資料來解決這些問題，並告訴我們一些在課堂上所學不到的知識，使我們更加充實，我們在實驗室待的這一年是大學四年當中最深刻的記憶。最後感謝我的組員，雖然有的時候會遇到瓶頸，但是我們都沒有放棄，在每次 meeting 完之後會一起討論老師所提出的問題，跟著我東奔西跑尋找適合的材料，編寫程式時討論如何除錯，組裝時遇到的情況，努力將問題解決，在這當中我們也了解到團隊合作的重要性，在分工上各司其職，但又要互相配合，這是我們需要去好好思考的難題。

六、參考文獻

- [1] 汪建軍，2008，「提高農藥利用率的對策」，CNKI 期刊。第二一卷，第三期，48 頁。
- [2] 吳吉麟，2012，「變量噴霧裝置噴霧特性及其控制系統的研究」上海交通大學，碩士學位論文，機械電子工程，上海。
- [3] 趙軍，2016，「農業變量噴霧系統的試驗研究」江蘇大學，碩士學位論文，農業機械化工程系，江蘇。
- [4] 普特企業有限公司，溫度氣壓傳感器，網址：<http://www.playrobot.com/temperature-humidity/1435-bmp180-digital-barometric-sensor-model-gy-68.html>。
- [5] 普特企業有限公司，水流量感測器，網址：<http://www.playrobot.com/timing-counts/1660-fluid-flow-sensor-g12.html>。

- [6] 郡野實業有限公司，高床履帶搬運車，網址：<http://www.kblin.com.tw/product-detail-582344.html>。
- [7] 掌中光Rainbow-Light，手持式光量測儀，網址：<http://www.rainbow-light.com.tw/zh-TW/product/portable-lighting-measuring-instrument-with-display-MR-16.html>。
- [8] 雷鋒網，Pixy 視覺傳感器，網址：<https://www.leiphone.com/news/201406/k-pixy-cmucam5.html>。
- [9] DFRobot Product wiki，壓力傳感器，網址：[http://wiki.dfrobot.com.cn/index.php?title=\(SKU:SEN0257\)_Water_pressure_sensor%E6%B0%B4%E5%8E%8B%E4%BC%A0%E6%84%9F%E5%99%A8](http://wiki.dfrobot.com.cn/index.php?title=(SKU:SEN0257)_Water_pressure_sensor%E6%B0%B4%E5%8E%8B%E4%BC%A0%E6%84%9F%E5%99%A8)。
- [10] 維基百科Wikipedia，Arduino介紹，網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/Arduino>。
- [11] DHT-11 Arduino範例介紹，網址：<http://ming-shian.blogspot.tw/2014/05/arduino19dht11.html>。
- [12] Water Flow Sensor介紹，網址：<http://rtdiot.tistory.com/63>。
- [13] 維基百科Wikipedia，自動控制，網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%A%E5%8A%A8%E6%8E%A7%E5%88%B6>。
- [14] T 客邦，DS18B20 溫度感測模組，網址：<https://www.techbang.com/posts/26197-the-internet-of-things-daily-life-how-do-i-know-the-weather-temperature-is-hot-or-cold>。
- [15] CNLED 網，LED 照明 10 個問題，網址：https://mp.weixin.qq.com/s/pmg2V_VRNi7Lb2AQRtH9Zw

附錄

附錄一 光照度對於噴霧系統良率影響

植株高度	單位 lux	23.5cm	14.5cm
測量次數	光照度	噴霧良率	噴霧良率
第一次	9829.6933	30%	20%
第二次	101583.63	70%	70%
第三次	1257330.02	80%	80%
第四次	26011.6569	50%	40%
第五次	64838.9107	60%	50%

附錄二 溫溼度與大氣壓力對照值

測試次數	溫度	濕度	大氣壓力
第一次	28	72%	998
第二次	32	61%	1000
第三次	33	43%	1020
第四次	29	63%	1021
第五次	30	62%	1000

附錄三 流量與壓力對照值

測試次數	噴霧壓力	水流量
第一次	5.17	144
第二次	5.03	136
第三次	4.96	128
第四次	5.02	136
第五次	4.97	128
平均值	5.03	134.4

Variable Spray System Research

Student Name: Zhong Shengcheng, He Xiangjun

Instructor: Professor Miao Zhiming

National Pingtung University of Science and
Technology

Department of Biomechanical Engineering

Abstract

Nowadays, agriculture is gradually becoming more automated. With the advancement of science and technology, automatic control has gradually matured. In order to increase the efficiency of agricultural production, increase the convenience in agriculture, reduce the spraying of plants, resulting in the uneven spraying of plants, resulting in the loss of most of the drug to the environment, causing environmental pollution, in addition to improving the original lack of spray systems. The use of Arduino single-chip microcontrollers to control Pixy image processing, light flow meters, water pressure sensors, and light measurement instruments, apart from improving the problem of pesticide waste and poor spray performance, is mainly to allow the development of spray systems to be more expensive. space

探討農業植保機噴霧均勻性及測風下的偏移量

專題生:顏立軒 郭柏呈 孫堃睿

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

植保無人機是用於農業植物保護作業的無人駕駛飛機，由飛行平台(固定翼、單旋翼、多旋翼)、GPS 飛控、噴灑機構三部分所組成，通過地面遙控或 GPS 飛控，來實現噴灑藥劑、種子、粉劑等[1]。植保無人機 GPS 導航，自動規劃航線，自主按航線飛行並可自主接力，可以減少人工漏噴重噴的現象，提升施藥質量，作業高度低，可貼近作物 2-3 米，加之旋翼向下的巨大旋力產生的氣流，農藥霧流對作物從上到下的穿透力強，飄移少，具環保性[2]。能通過搭載視頻器件，對農業病蟲害等進行實時監控。主要集中運用在植保、施肥、播種、災害預警、產量評估、農田信息遙感等領域，用途很廣泛。此實驗為先測試室外植保無人機作業所噴灑之均勻性，並以水試紙記錄，再利用室內架設平台改變側風、噴嘴流率、旋翼所造成的下洗氣流，並應用田口直交法之特性，取出最佳參數，並得知農業植保機作業時所噴灑的均勻性及側風下噴霧的偏移量。

一、引言

農業植保機帶給農民們許多便利，植保機雖在使用上節省許多人力，由各家廠商統計的數據表示，使用植保機作業的效率是傳統人力噴藥的 40 至 50 倍，而植保機也可省下 50%的農藥使用量、90%的用水量，省下不少資源成本[3]。

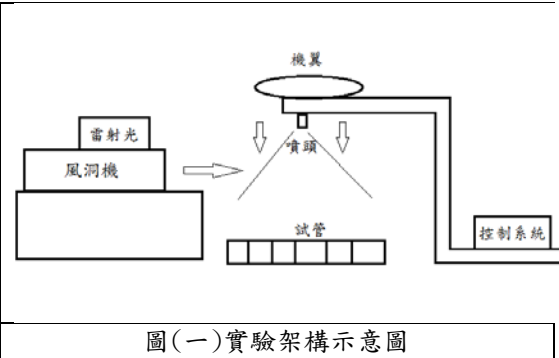
霧量分佈均勻性是衡量植保噴霧質量的重要指標，在噴霧過程中，病蟲害的具體分佈無法被準確預測，所以最保險的方式就是均勻噴霧，使藥液盡可能全面覆蓋[4]，蔣煥煜等進行了基於水敏試紙的動態噴霧分佈均勻性實驗，分析了不同控制信號對動態噴霧噴佈均勻性的影響，但使用水敏試紙只能表達霧滴的分佈面積等霧滴的二維特徵，而不能評估實際噴灑出的單位面積上的霧滴質量[5]，所以我們採用試管來測量真正噴霧的霧滴質量為何，但如遇到側風過大、氣流過強，噴霧是否會隨意飄散呢?而其噴霧效果是否能均勻呢?依據邱白晶、李坤、沉成傑…等於 2010 所做的農業機械學報指出針對扇型噴頭噴霧，系統壓力設置在 0.2~0.4Mpa 之間為最佳，並指出超過這個壓力範圍會導致霧滴尺寸分佈變差，霧滴偏移風險增加和農藥液面沉積分佈不均等[6]，此實驗將探討利用室內所架設之實驗平台，改變側風、噴嘴流率、下洗氣流之 PWM 值，脈衝寬度調節 (PWM) 是一種通用技術，主要通過快速開關 (脈衝方式) 轉換設備來控制電子執行元件，藉由調整一連串脈波的占空比(Duty Cycle)來控制輸出的電壓，轉換設備被脈衝驅動的速度就是頻率[7]，由於噴嘴流率最大為 0.5L/min，最小為 0.14L/min，若低於 0.14L/min 將導致噴霧效果極差，我們取用三段不同的流率來實驗，而在無人機機翼方面，無人機在作業行走與不行走的轉速不同，所以我們採用

兩種不同的參數，在本實驗中控制流率 PWM 值為 0、64、71 所對應的流率為 0.5L/min、0.18L/min、0.14L/min，轉速 20、60PWM 對應為 2340、1260rpm，側風 0.8m/s、1.8m/s、3.5m/s、噴嘴壓力 0.2Mpa 來做實驗，並利用田口直交表之特性可估計主效應和特定之交互作用，為一種簡潔的實驗佈置計畫，降低實驗的時間和成本[8]及 Tecplot 程式所轉換的 3D 圖表來得知植保機噴霧的均勻性及側風下的偏移量。

二、研究內容與方法

2.1 實驗平台

架設一模擬植保機及噴藥系統來進行植保機的噴霧實驗(如圖一)，以風洞機模擬植保機在飛行狀態下所受到的測風影響，加設一組旋翼模擬植保機之旋翼風場，並以 6 組 4×10 的試管組接收噴霧霧滴。



圖(一)實驗架構示意圖

2.2 參數設定

設定植保機飛行狀態下的轉速為 1260rpm 及 2340rpm，後者為植保機作業行走時的轉速。表(一)為施藥風速分類表，在無風速計情況下，一般以目測概估風速值，做為施藥標準之判定，表中顯示植保機不利在風速較大條件下飛行噴因此，因此為本實驗風速選擇 0.8m/s(軟風)、1.8m/s(輕風)及 3.5m/s(輕風)做為側風因子下的三個水準。噴嘴流率 0.5L/min、0.18L/min 及 0.14L/min 三種，其中 0.5L/min 為噴嘴所能接受的最大流率，因噴嘴在低於 0.14L/min

下，會無法產生完整的噴灑霧滴，因此取 0.14m/min 作為流率最小值，而以上三種流率即為直交表內流率因子下的三個水準。

表(一)施藥風速分類表

風級	種類	風速 (公尺/秒)	一般敘述	施藥選擇
0	無風(calm)	<0.3	煙直上	選擇性施藥
1	軟風(light air)	0.3~1.5	僅煙能表示風向	超低量或低量施藥
2	輕風(slight breeze)	1.6~3.3	人面感覺有風樹葉搖動。	低量或中、高量施藥
3	微風(gentle breeze)	3.4~5.4	樹葉及小枝搖動不息	中高量施藥，避免噴施除草劑
4	和風(moderate breeze)	5.5~7.9	塵土及碎紙被風吹揚，樹之分枝搖動。	停止施藥

2.3 田口直交表

田口直交表的目標是尋求最佳的期望值，並將干擾因子的影響減至最少。田口方法的基本構想是(1)選出幾項控制因子，利用直交表進行有系統的實驗。(2)利用實驗得到的數據建立一個經驗公式，讓我們可以很容易知道控制因子對實驗的影響。(3)將控制因子調整對準期望值。(4)實驗模式是在假設下建構出來的，因此需要更多實驗來達到實驗模式的精確性。

選定操控因子轉速 2 水準、測風 3 水準、噴嘴流率 3 水準後，套入直交表進行 18 次的實驗，每次實驗以各試管內水滴重量做為結果並記錄，利用均勻度公式計算出期望值 y 。

均勻度公式：

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

S —數據集的標準差

$\bar{x}$ —數據集的平均值

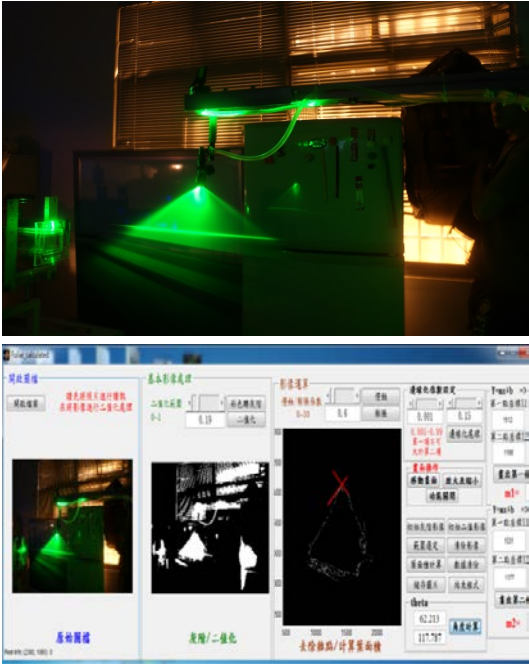
n —數據集中的數據個數

x_i —數據集中單個數據的值

C_V 即為目標值 y ，取得目標值後依照期望可獲得實驗中的最佳組合。本實驗探討噴霧的均勻性，因此找出最佳的均勻性結果，並反覆驗證，得知在何種情況下，均勻性最好。

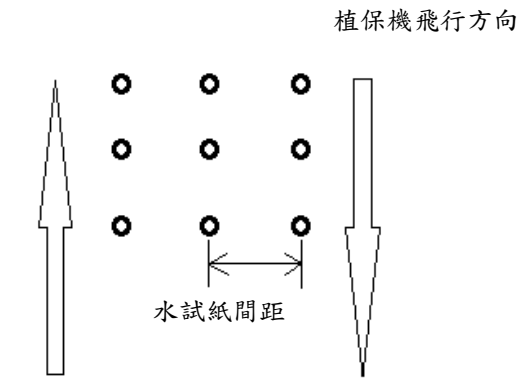
2.4 影像處理

以雷射光清楚顯示在噴霧下的影像，分別在三種不同下洗氣流的條件下，噴頭所產生的夾角為何，而噴頭夾角也影響了能夠噴灑的範圍。利用影像處理的方式，以噴霧所產生的倒 V 夾角，取出四個座標形成兩條線，並以坐標找出各直線斜率，再由兩交叉直線斜率求出兩直線夾角 θ 。



2.5 水試紙

植保機做戶外實驗，分別以 1 公尺及 2 公尺之間距，在地面固定 3×3 排列方式之水試紙，以植保機進行來回噴灑作業，作業完成後回收水試紙並觀察。



實驗器材

名稱	廠牌	規格	用途
四軸無人機旋翼	大疆創新	無	產生下洗氣流
風洞機	瑞領科技股份有限公司	粒子直徑 30 um 形狀：方形	產生側向氣流
馬達	大疆創新	工作電壓:DC22.2V 工作電流:5.2A	輸送水壓至噴嘴噴霧
遙控器	深圳市樂迪電子有限公司	工作電壓:12V 工作電流:90mA	控制噴嘴流率及旋翼轉速



圖(二)風洞機



圖(三)無人機飛翼



圖(四)噴嘴



圖(五)馬達



圖(六)試管圖



圖(七)遙控器

實驗步驟

實驗一

- 進行戶外植保機的噴霧實驗
- 觀察水試紙水滴分布
- 於室內架設飛行器及設定馬達電壓及噴嘴流率所對應遙控器之 PWM 值。
- 利用三維測風計及水壓錶測試該 PWM 所對應之風速、轉速、流率。
- 進行無側風及有側風噴霧現象，並記錄數據。
- 將該數據轉成 dat 檔並輸入 Tecplot 程式中繪成 3D 圖表。
- 使用雷射光拍不同轉速下的噴嘴角度。
- 將照片使用程式分析其角度變化。
- 改變各因素(轉速、流率、側風)並製作

直交表。

- 利用直交表特性，取出最佳因子，並重複確認。
- 分析 3D 圖表中側風對噴霧的偏移量及直交表最佳因子之均勻性。

實驗二

1. 將馬達及無人機旋翼接上電池



2. 將風洞機轉至所對應的 PWM 值，產生側風



3. 測試轉速、噴嘴流率是否正常



5. 將轉速、流率調至對應之 PWM 值，並計時兩分鐘



4. 將試管平均放置噴嘴底下



6. 兩分鐘後，測量每根試管的重量，並紀錄



	10.3		10.4		10.2		10.2		9.9
10.2		10.4		10.3		10.1		10.2	
	10.2		10.2		10.1		10		9.8
10		10		10.1		10		10	
	10.1		9.9		10		10.1		9.8
10		10		9.8		9.8		9.8	
	9.9		9.9		9.7		9.5		9.6
9.7		9.9		10		9.7		9.5	
	10.1		10		9.8		10		9.7
10		10		9.9		9.8		9.8	
	10		10		9.9		9.8		9.6
9.9		9.8		9.9		9.7		9.7	
	9.7		9.8		9.8		9.8		9.7
9.8		9.6		9.7		9.7		9.7	
	9.7		9.7		9.6		9.6		9.6
9.5		9.7		9.7		9.8		9.5	
	9.7		9.8		9.9		9.8		9.7
9.8		9.7		9.8		9.7		9.7	
	9.7		9.9		9.8		9.8		9.8
9.7		9.7		9.7		9.5		9.7	
	9.7		9.7		9.7		9.7		9.6
9.5		9.8		9.5		9.7		9.7	
	9.8		9.5		9.6		9.5		9.6
9.5		9.5		9.6		9.7		9.6	

表(五)

水試紙

圖(八)、圖(九)為植保機戶外實驗後的水試紙，圖(八)水試紙之間間距為 1m，圖(九)則為 2m，可見在中間排霧滴較為稀疏，這也說明了植保機在噴霧時，離噴嘴不同距離，相同面積內的霧滴均勻度也跟著不同。



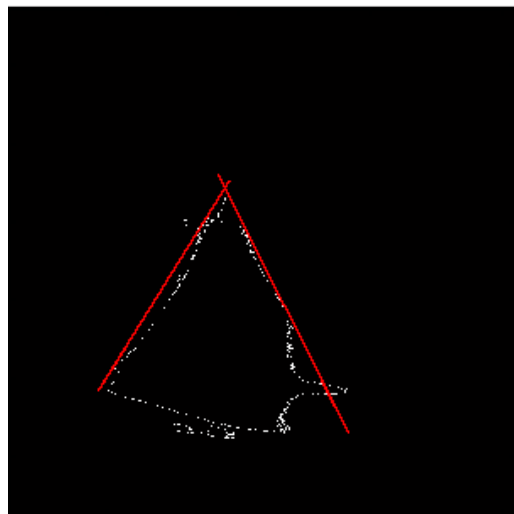
圖(八)



圖(九)

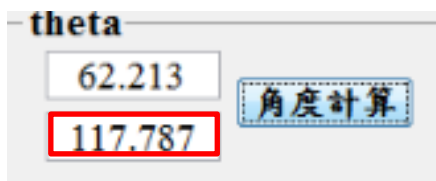
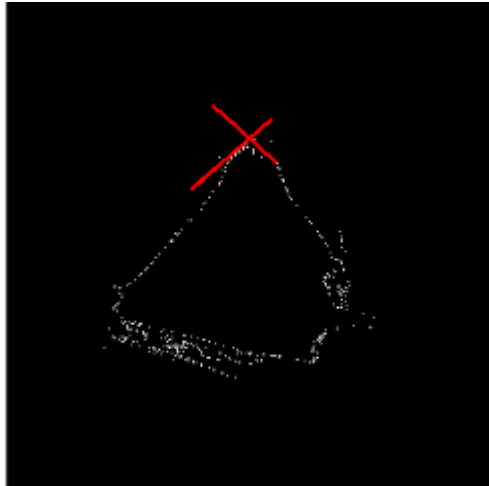
影像處理

經過影像處理分析出當條件在轉速不同的情況下，所產生的夾角各為 117 度與 97 度，而影響噴頭角度的原因為植保機飛行時所產生的下洗氣流，氣流越強，噴頭扇形角則越小；氣流越弱，噴頭扇形角則越大，而扇形角也關係著所能噴灑的範圍。





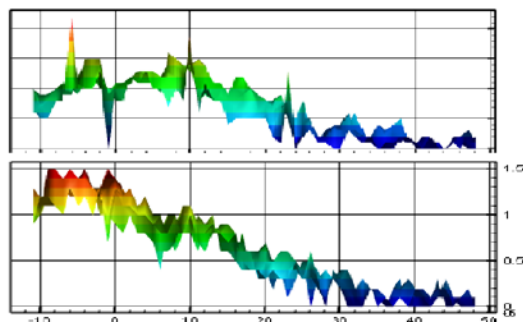
圖(十)



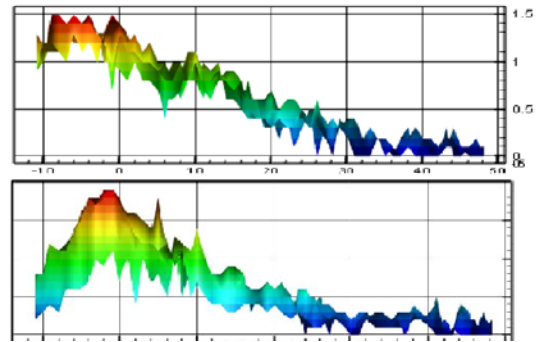
圖(十一)

側風噴霧偏移量

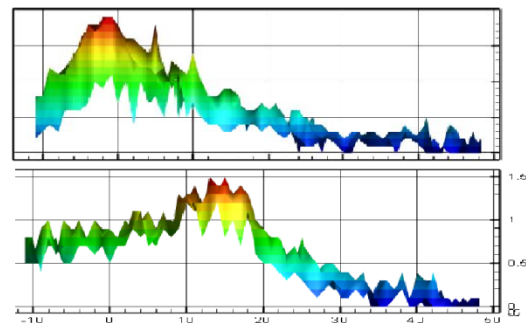
下圖為利用 Tecplot 程式將實驗所蒐集的資料整合，其中 x 軸所代表的為試管座標，y 軸則為相對試管內的水量，單位為公克。在不同的側風影響下互相比較，實驗中假設側風由左吹向右，因此在圖中能看出風速較大時，噴霧的峰值會向右移動，若風速越強，則造成的偏移量也越大。



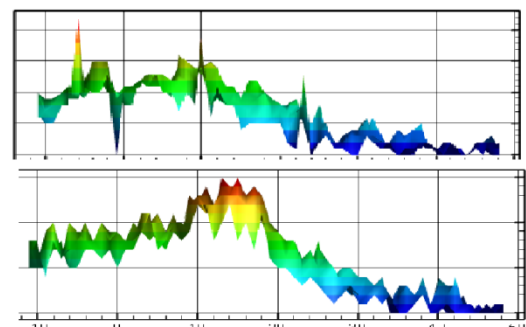
圖(十二) 0m/s 與 0.8m/s



圖(十三) 0.8m/s 與 1.8m/s



圖(十四) 1.8m/s 與 3.5m/s



圖(十五) 0m/s 與 3.5m/s

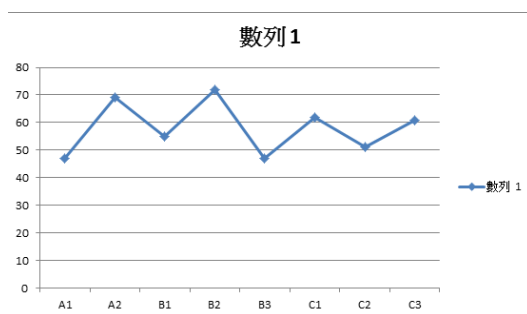
直交表

以下表格為直交表的 18 次實驗以及各個因子，經過計算均勻度(y 值)為實驗中的目標，目標是取得均勻度最佳的組合，表格最下方為個因子的水準對 y 值的反應程度，本實驗期望噴霧均勻，因此取個因子最小值，即轉速 level1、風速 level3 與水泵 level2。

Exp.	1 轉速	2 風速	3 水泵	y
1.	60.	25.	71.	69%
2.	60.	25.	64.	57%
3.	60.	25.	0.	30%
4.	60.	45.3.	71.	45%
5.	60.	45.3.	64.	43%
6.	60.	45.3.	0.	81%
7.	60.	70.	71.	37%
8.	60.	70.	64.	26%
9.	60.	70.	0.	38%
10.	20.	25.	71.	73%
11.	20.	25.	64.	55%
12.	20.	25.	0.	44%
13.	20.	45.3.	71.	99%
14.	20.	45.3.	64.	74%
15.	20.	45.3.	0.	91%
16.	20.	70.	71.	59%
17.	20.	70.	64.	41%
18.	20.	70.	0.	89%
Level1.	47%	55%	62%	.
Level2.	69%	72%	51%	.
Level3.	.	47%	61%	.

最佳組合:A1B3C2

轉速 2340rpm 風速 3.5m/s 流率 0.18L/min



圖(十六) 直交表因子反應圖

1. 利用戶外植保機噴灑，並取回水試紙觀察變化，由第一組相差一公尺與第二組相差二公尺的水試紙可明顯看出中間水試紙的水滴分布相較於其他兩排少了許多。
2. 使用雷射光照射，噴嘴在不同下洗氣流會有不同的角度，可得知噴霧會受下洗氣流的影響，而改變噴霧量。
3. 由 3D 圖表可看出有側風的影響下，噴霧的最高點明顯往後，並比較不同風速下，噴霧偏移的量，並重複驗證，取得平均值。
4. 利用田口直交表之特性，將 y 值訂為均勻度，並把試管所量測之噴霧量套進均勻度公式取得 y 值，填入直交表，算出目標期望值，

並找出最均勻之項目，得以了解均勻度。

四、結論

本實驗藉由實驗平台改變轉速、風速、噴嘴流率，與田口直交表、Tecplot 程式、影像處理輔助得知以下實驗結果為：

- 一般在植保機噴霧作業中，霧滴的分布依照當時環境下的其他條件會有不同的影響，觀察噴灑後的水試紙，水試紙中間的水試紙明顯噴霧量很少，以得知噴霧在作業時，並不一定是均勻的。
- 植保機在噴霧時經不同的風速影響，噴霧的範圍也會隨之移動。由圖表可看出若側風增加，噴霧的峰值會明顯往後，所以取各不同的側風並除以偏移的距離，可得知若側風增加 0.1m/s，噴霧會偏移 1.14cm。
- 使用田口直交表取出 y 值為望小值，目的為取得最佳均勻性，得知若植保機在轉速 1260rpm、風速 1.2m/s、流率 0.18L/min 的環境下，對其噴霧分佈的均勻性最好。

五、致謝

這段時間感謝苗志銘教授在專題方面給我們很多的指導與糾正，也感謝吳振源博士在量測風速及使用儀器上的精確性，以及實驗室學長教導如何架設平台及程式上的使用，使我們在實驗上解決了許多問題，也學到很多新的知識及解決問題的方法，再次感謝幫助我們實驗完成的同學，提供許多方法及改善實驗的容錯率，使我們能夠順利完成。

六、參考文獻

- [1] 深圳市華創航空科技，2017，植保無人機的應用與發展。

[2] 億天航無人機，2016，植保無人機用途及好處有哪些？

[3] 周文發，2014，淺談單(多)旋翼植保施藥機械。

[4] 蔣煥煜、張利君、劉光遠、施瑋囡，2017，農業機械學報，第 48 卷第 4 期。

[5] 蔣煥煜、周鳴川、李華融、等，2015 PWM 變量噴霧系統動態霧滴分佈均勻性實驗 農業機械學報。

[6] 邱白晶，李坤，沉成傑，等連續可變量 2010, 41 (9) 噴霧系統響應特性試驗 農業機械學報。

[7] 邱白晶、關潤、馬靖、管賢平、歐鳴雄，2015，農業機械學報，第 46 卷第 3 期。

[8] C. J. Chang, Spring 2012
TAINAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 田口式
品質工程概論 Quality Management。

單車力敏監測系統

學生：陳千泰(B10444001)、陳浩維(B10444004)、林昌緯(B10544052)

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

本研究希望研發一套自行車監控系統，讓我們瞭解選手在運動的過程中，是否平均受力，且運用著本身的運動細胞做著最具高效能的運動狀態。並透過圖形分辨正確及錯誤騎乘姿勢之間差異，減少運動傷害並幫助選手們提高的運動效能。對於一般民眾而言不只能響應環保並且不會因為錯誤姿勢造成傷害，而是獲得運動所帶來的健康，一舉數得。

關鍵字：壓力感測器、Arduino、單車運動

一、引言

隨著時代的進步所需要消耗的能源也越來越多，碳排放量逐年增加，地球暖化的速度逐年上升，世界各地開始響應環保愛地球，而節能減碳這個議題也是近一、二十年來一直沒停過的重要議題[24]。騎自行車容易導致受傷的主要原因包括以下幾種：熱身的不足、姿勢的不良、騎乘的時間太長，其中以姿勢不良導致運動傷害發生率較高。所以配合體育室陳家祥老師的計畫，研究一套自行車監控系統並透過施力分佈去分析，提升人們對於自行車相關問題及認知。

騎自行車的好處可反應於運動員們身上，大部分的運動員常以騎自行車作為輔助術後復健，以 NBA 的林書豪為例，他於膝蓋手術之後進行騎自行車復健以及輕量訓練，增進心肺功能並維持肌力。

騎自行車帶來的好處有節能環保、健身練體力、遠離關節炎、減少患心臟病的風險性、思維更清晰、加速新陳代謝、舒緩工作壓力。自行車所帶來的益處，遠遠多過於上述所說，所以我們勢必研究一套能夠提升效能且降低運動傷害功能的自行車系統。

二、研究內容與方法

2.1 研究動機與目的

主要以改善運動員騎乘時的不良姿勢、減少自行車的運動傷害、並提升大眾對自行車的興趣，因為本身都喜歡騎自行車，可是往往發生運動傷害卻找不出原因，以至於我們想要改善這個問題。研究方法如下：

- 利用 Arduino 開發一個程式搭配壓電式薄膜力敏感測器，這程式能夠透過感測器傳出數值。
- 利用所測得值轉換成折線圖，得以方便觀察各個施力是否對運動傷害有直接影響。
- 透過觀察能夠發現正確與錯誤騎乘姿勢，並矯正錯誤騎乘姿勢。

2.2 機電系統建置

以下含蓋了機構設計、軟體、硬體以及機電整合之結果，介紹本研究之進行過程。

2.2.1 機構設計

本組以 SAN SPORTS 黑爵士 18KG 飛輪健身車為參考。(如圖 1.所示)。



圖 1.飛輪健身車[18]

在決定設計方向之前，我們所使用腳踏車訓練台為本研究輔助器材，以 D2R Plus 功率訓練台為示意圖(如圖 2.所示)。



圖 2. 訓練台[19]

根據上述做出統整，針對本研究的目標，訴求為價格低、羽量化、縮小便利化、進行討論並做出合適的設計方向。

2.2.2 姿勢探討

由於每個動作細節都會影響整體姿勢，尤其是以腳的部分為最重要(如圖 3.至圖 7 所示)。

圖 3.所示，從腳踝、膝蓋到臀部是一個直線縱向的運動，倘若偏離這條線都會造成不良的運動習慣，進而造成或輕或重的運動傷害。而腳踩踏於踏板的角度往往會影響腿部之動作。

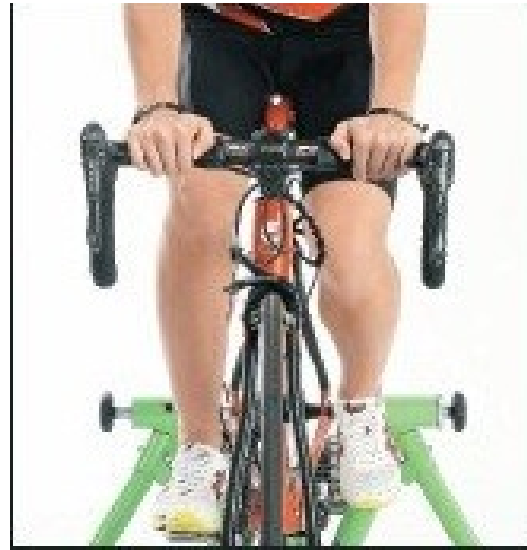


圖 3.正確騎乘姿勢 [22]

圖 4.所示，腳尖的部分向外連帶會造成膝蓋向外擴，導致影響騎乘時的順暢感。

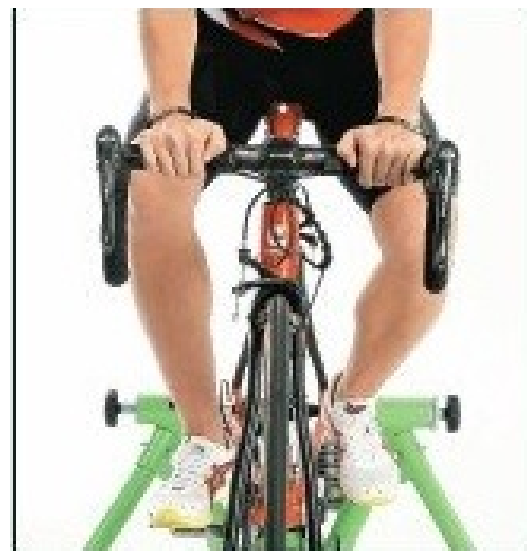


圖 4.錯誤騎乘姿勢 [22].

圖 5.所示，為腳尖過於向內，會造成膝蓋向內夾，長期下來會變成內八足。

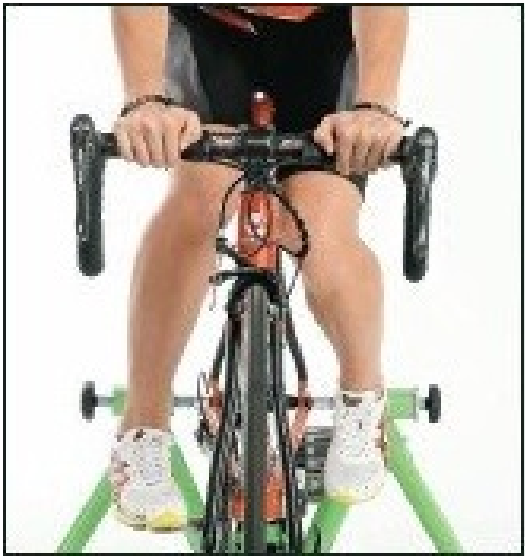


圖 5.錯誤騎乘姿勢 [22]

圖 6.所示，為自行車較常見運動傷害部位，多半造成運動傷害為下半身姿勢錯誤間接衍生這些問題。



圖 6.常見受傷部位 [24]

2.3 硬體

硬體架構中以一組 Arduino UNO 為本研究之控制端進行操作(如圖 7.所示)、訊號送至 HC-05 藍芽傳輸單晶片(如圖 8.所示)、AMP-TUR 薄型壓力感測器放大器(如圖 9.所

示)進行微處理作為計算與決策核心；感測原件為薄膜壓力感測器，其中兩片 A502 薄膜壓力感測器(如圖 10.所示)分別安裝於左腳及右腳，A401 壓力感測器(如圖 11.所示)則安裝於右手把的部分。

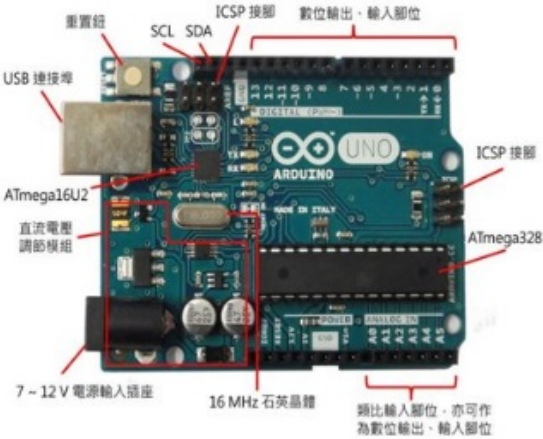


圖 7.單晶片微控制器 Arduino UNO[21]

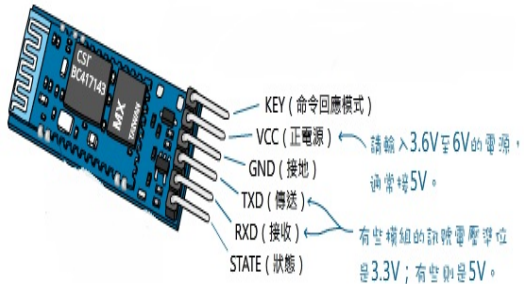


圖 8. HC-05 藍芽傳輸單晶片[17]

我們比較了市面上 2 個較常見的無線收發模組(如表 1)，考慮了成本、自定的通訊協定後，我們決定選用 HC-05 為我們本研究的無線控制模組。

表 1. 無線模組比較

名稱	HC-05	HC-06
主端(master)	可	不可
從端(slaver)	可	可
價格	低	高

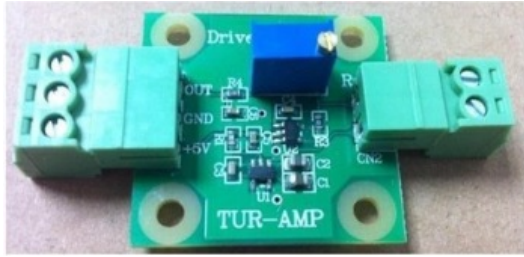


圖 9. 薄型壓力感測器放大器[20]



圖 10. A502 薄膜壓力感測器



圖 11. A401 薄膜壓力感測器

2.4 軟體

本研究在軟體的應用中，以 Arduino 為主要之程式語言，撰寫一套專屬的行為模式[16]，並搭配 APP Inventor 撰寫一套屬於這套系統專用的藍芽無線模組即時接收[17]，最後利用 PLX-DAQ 程式得到所需折線圖。

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。

2.5 實驗方法

首先必須自行蒐集資料並開發一套屬於它們的程式，才能夠順利運行測得我們所需要的數值。過程中由組員們負責拍照、錄影、記錄等工作。

將所測得數值利用 PLX-DAQ 程式傳進 Excel 轉換成我們所需要的折線圖[26]，並觀察每個動作圖形的不同變化，並透過藍芽模組即時傳送至我們的 Android 作業系統智慧型手機[16]，藉由圖形去分析正確與錯誤姿勢在每個不同動作之差異，並且透過比對去改善錯誤姿勢，以減少運動傷害的發生率。

三、 結果與討論

3.1 實驗規劃

圖 12.為 Arduino 監控視窗示意圖。



圖 12.Arduino 監控視窗

本套系統在進行實驗之前，擬定工作環境為定點訓練，場域位於本校體育館內創新運動科技實驗室(如圖 13.所示)。



圖 13.測試場地

本組以每個人下去做測試分別有 Arduino 監控圖、正確以及錯誤姿勢，圖 14.至圖 17. 所示為測試員 1。

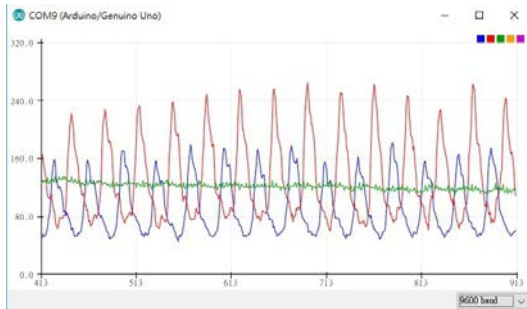


圖 14. Arduino 監控圖

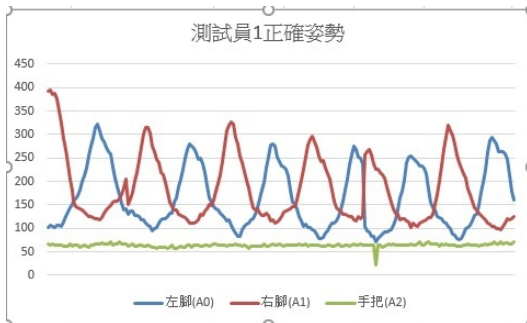


圖 15.正確姿勢

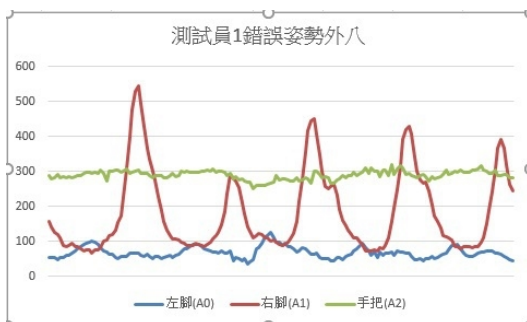


圖 16.錯誤姿勢外八

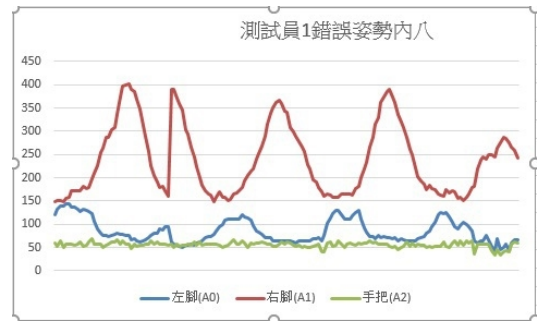


圖 17.錯誤姿勢內八

圖 18.至圖 20.所示為測試員 2，Arduino 監控圖、正確以及錯誤姿勢。

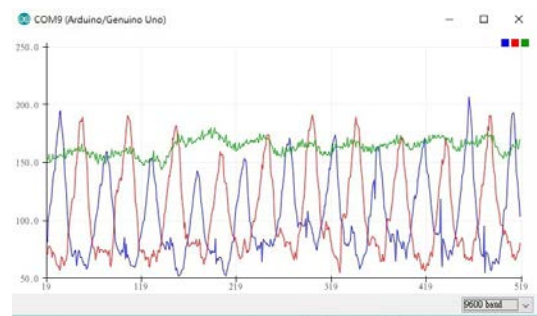


圖 18. Arduino 監控圖

圖 19.與圖 15.因測試員不同而有不太一樣的變化，但可從圖中看出規律。

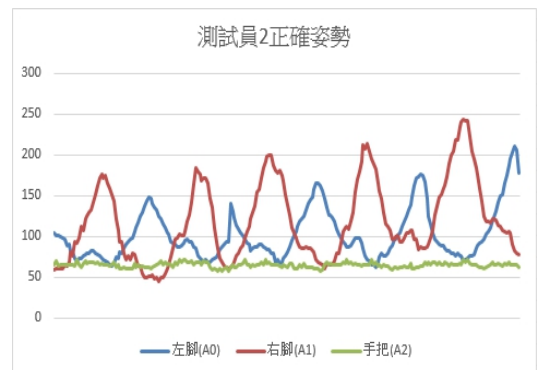


圖 19.正確姿勢

圖 20.所示為測試員 2 模擬當右腳施力較重時所產生的錯誤姿勢。

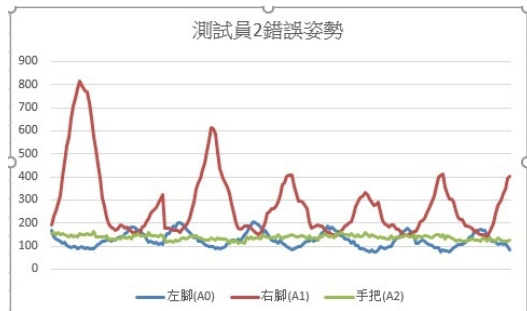


圖 20.錯誤姿勢

圖 21.至圖 23.所示為測試員 3，Arduino 監控圖、正確以及錯誤姿勢。

圖 21、圖 22 所示為測試員 3，因扁平足緣故測得數據跟前兩者相比有明顯的不同。

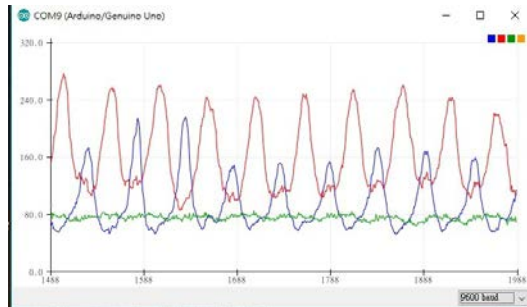


圖 21. Arduino 監控圖

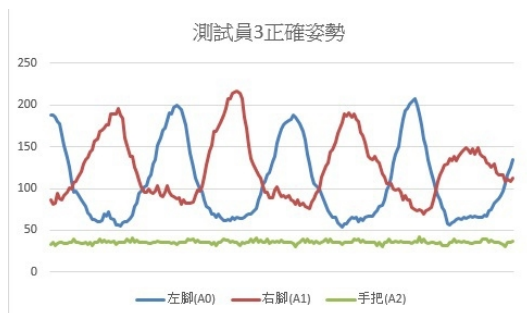


圖 22.正確姿勢

圖 23.所示為模擬左腳施力較重時所產生的錯誤姿勢。

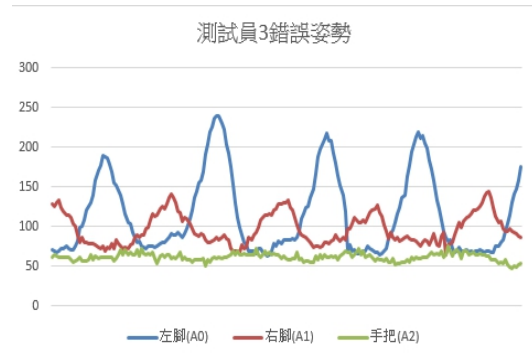


圖 23.錯誤姿勢

根據分析，以正確姿勢來看左右腳會互相搭配，但是在錯誤動作施力不平均時會影響整體平衡與穩定，導致我們在運動過程中可能會花更多的體力，長久運動下來對於身體造成的運動傷害是不可忽視的，對於我們一般人在休閒運動時是如此；更別說是專業運動選手了。

四、 結論

本研究所使用的系統透過將數據轉換成折線圖能夠去了解左、右腳施力影響平衡有無直接關係以及正確與錯誤騎乘姿勢是因為施力不平均，從圖中發現到手與腳的施力是環環相扣的，長久下來姿勢不良可能導致運動傷害並影響行動力，甚至變成永久性慢性疼痛。

目前本研究所開發之系統具有以下能力：

- 設備藍芽接收範圍為 8 至 10 米；
- 透過數據圖來分析及比較之間的差異並找出錯誤點；
- 改善錯誤騎乘姿勢並減少運動傷害的發生率得以提升對自行車的興趣；
- 未來可應用於專業選手作為測試是否平衡項目。

五、 致謝

感謝蔡循恒教授的耐心指導及熱心的幫助，引導我們從構想、程式撰寫、整合與實驗，使得本次專題報告得以順利成功。此次專題感謝體育室陳家祥老師提撥研究經費，讓我們有機會研究發揮。本組遇到阻礙以及無任何靈感時，啟發我們的構思，當然最重要的還是感謝師長以及同學，在需要幫助時候給予協助。

六、 參考文獻

1. 學位論文:

[1] 簡伯儒，2017，「以壓電式感測器測量血壓之研究」，國立臺灣師範大學，台北。

[2] 鄒宜聰，2017，「利用 Kinect、平衡板及足底壓力感測器探討人體靜態姿勢對足部壓力與重心之影響」，國立雲林科技大學，雲林。

[3] 賴胤宏，2017，「陣列式壓力感測器系統應用於步態的足壓變化量測與分析」，長庚大學，桃園。

[4] 柯君逸，2017，「以靜電紡絲研製高排列性壓電薄膜壓力感測器及其指叉式電極之最佳化研究及開發」，國立臺灣大學，台北。

2. 網站資料:

[5] Thom Yen，2014，力敏電阻 FSR (Force Sensing Resistor)。

網址:

<http://thats-worth.blogspot.tw/2014/07/fsr-force-sensing-resistor.html>

[6] 麥思科技有限公司，2015，超薄膜壓力感測器。

網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=Slgdc0eeb2A>

[7] 解密科技寶藏 DTT，2014，超薄型壓力感測器。

網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=wMEGpCYtpU&t=199s>

[8] 矽膠實驗室，2015，壓力感測器實測。

網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=aaXyYNN0RPo>

[9] 阿簡，2016，手機即時顯示繪圖-壓力感測器。網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=oVliEYDLHSg>

[10] Jet Lee，2014，薄膜型壓力感測器 (ELF System)。網址:

https://www.youtube.com/watch?v=_x13dMllzf0

[11] Fu-Chiung Cheng，2016，壓力感測模組原理與應用。網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=oahFepytNuI>

[12] trossenrobotics，2008，Flexiforce Force Sensors。網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=Yl2b7UQMsho>

[13] Sam's Neat Projects，2016，How to Use a Force Sensitive Resistor (Force Sensor)。網址:

https://www.youtube.com/watch?v=1p8AE_QA

8qQ

[14] 0033mer, 2017, How to use Force Sensing Resistors。網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=rTO3U-0Njt>
w

[15] studioTTTguTTT, 2015, Force Sensing Resistor Tutorial。網址:

<https://www.youtube.com/watch?v=AEvyj0lFk1>
s

[16] CAVEDU 阿吉, 2014, [雙 A 計劃] Part3。網址:

<http://blog.cavedu.com/2014/01/02/appinventorandarduinowithbluetooth3/>

[17] cubie, 2014, HC-05 與 HC-06 藍牙模組補充說明。網址: <https://swf.com.tw/?p=693>

[18] SanSports 山司伯特, 2014, SAN SPORTS 黑爵士 18KG 飛輪健身車。網址:

<https://www.postmall.com.tw/ProductDetail.aspx?uid=2908&prod=829084>

[19] Randy, 2016, D2R Plus 功率訓練台 線上競技無國界。網址:

<http://cyclingtime.com/tw/documents/6588.html>

[20] 麥思科技有限公司, 2014, 薄型壓力感測器放大電路。網址:

<http://www.memstec.com.tw/product.php?pid=437>

[21] openhome.cc, 2014, Arduino Uno 功能簡介。網址:

<https://openhome.cc/Gossip/Books/mBlockArduino1-3and1-4.html>

[22] 政煌, 2003, 單車正確騎乘篇。網址:

<http://jenghuang.pixnet.net/album/photo/102881200>

[23] 阿迪瑪斯, NOV 14 FRI 2008, 單車正確騎乘篇。網址:

<http://tkclub.pixnet.net/blog/post/23274481>

[24] Jul 17 Sun 2011, 自行車知識-腳踏車的坐墊高度要調多高才適合。網址:

<http://bruce99.pixnet.net/blog/post/33914175>

[25] 華人健康網, 2013, 夏天瘋騎鐵馬 5 大運動傷害搶先知。

網址: <https://www.top1health.com/Article/14094>

[26] SHEN MAO LIN, 2013, PLX-DAQ: Excel 從 com port 取得資料並即時繪圖。

網址:

<http://gorilla0812.blogspot.tw/2013/06/plx-daqxcelcom-port.html>

附錄

A. 材料表

材料	尺寸	數量
杜邦線	10cm	40
	20cm	40
	30cm	40
麵包板	165*55mm	1
砝碼	100g	5
	500g	2
銅線	1 網	1
剝線鉗	17cm	1

B. 硬體及相關設備表

控制元件	數量
Arduino Uno	1
HC-05 藍芽模組	1
Flexiforce A401	1
Flexiforce A501	2
AMP-TUR 放大器	3
名稱	數量
自行車	1
訓練台	1

Cycling force-sensitive monitoring system

Student: :Chen Chien Tai, Chen Hao Wei , Lin
Chang Wei

Instructor: Hsun-Heng Tsai professor

National Pingtung University of Science and
Technology

Department of Biomechatronics Engineering

Abstract

This research hopes to develop a bicycle monitoring system, let us understand the athlete in the process of movement, whether the average force, and the use of their own motor cells to do the most effective state of motion. The difference between the correct riding posture and the wrong riding posture is identified by the graph, and the improper posture is suggested, which reduces the injury and helps the athletes improve their athletic performance.

For people not only Environmental protection, but also reduce sports injuries, get health from sports, counts at one fell swoop.

Keyword: Force-sensing resistor , Arduino, Bicycle exercise

運用影像辨識實現全自動農用機器人

學生姓名：吳宏億、何宗諭、王昱閔

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

此研究旨在研製一台運用影像辨識之履帶型二驅全自動載具。使用樹莓派做為影像辨識之核心處理器，功能規畫內容包括循跡自走、指定噴水、物件夾取及放置。履帶傳動方面可增加與地面的接觸面積進而減少打滑及陷車機率，亦適用於各種崎嶇路面。期望能促進未來自動化農業的發展。

關鍵字：履帶、夾爪、噴水、影像辨識

一、引言

現今台灣社會面臨了農業工作人口老化的問題，許多農民已過了花甲之年仍需頂著烈日親自澆水、採收作物，近年也時常傳出於農作時發生意外的消息，因此以機器取代人力的自動化農業已成為現今發展的趨勢 [1]，然而在溫室這種小場域，大型的農用機具無法有效發揮作用，故本文研製了一種小型電動自走車，可進行自動循跡行走、判別盆栽並澆灌作物 [2]、夾取農作物進行採收 [3]，此自走車可節省人力、減少汽柴油引擎對種植環境的汙染，及落實了永續環境的理念。而現今的循跡自走系統如雷射、超音波…等皆僅能判別物件位置，對於顏色、形狀等特徵則無法判別，在需挑選特定採收作物時十分不便，因此為了在場域內精準的行走、作業，自走車採用了影像辨識系統 [4]，影像辨識就像是自走車的眼睛 [5]，自動判斷作物是否成熟而進行採收 [6]，也能使自走車安全的行走於規定的路線內。在行走方面，輪式車輛最大的難點就是轉彎機構的設計，從動輪的部分若遇到泥地、沙質表面則容易發生陷車空轉的問題 [7]，為解決這兩個難點，我們採用履帶帶動車輛 [8][9][10]，並利用轉速控制速差轉彎，而履帶可以僅用兩個動力源就達到四輪驅動的效果，大大減少機構設計及維修的難

度。本文設計之車輛想必能更加推動自動化農業的發展。

二、研究內容與方法

2.1 功能規劃

本機體的主要功能設計為：

- a. 依循車道線自動行走
- b. 辨識指定花盆精準噴水
- c. 辨識指定物夾取
- d. 辨識指定點並將物件準確放置

預期之動作結果為電源開啟後，機體自動行走於車道範圍內，辨識指定物件並執行噴水、夾取及放置的相應動作。

2.2 機體及作業機構建置

本章節內容主要介紹機體、噴水及抓取機構的設計理念、方法及過程。

2.2.1 機體機構

機體的設計秉持環保、方便檢修及輕量三大原則。動力端採用馬達及可重複充電之 12V 鋰電池，而車體相關機件及減速馬達則採用 Mbot 組合式鋁件，方便往後拆裝檢修及功能增設。

現有的履帶形式中大致分為倒梯形、橢圓形以及三角型，本研究因受限於底板、鋁擠等固有零件之大小以及履帶的長度及緊度配置，我們選用了三角型的配置，並將動力馬達置於底板上且中段的位置，利用齒輪及履帶將動力傳至下方從動輪，目的為穩定車身使之行走穩定。

而為了避免影像傳輸或系統判斷延遲造成誤動作，我們將影像鏡頭架設於車體前方的外伸鋁架，如此便可提前偵測到目標物及車道線，爭取到更多判斷時間，克服上所述之難點。圖 1 為使用 SolidWorks 2013 繪製之設計圖。

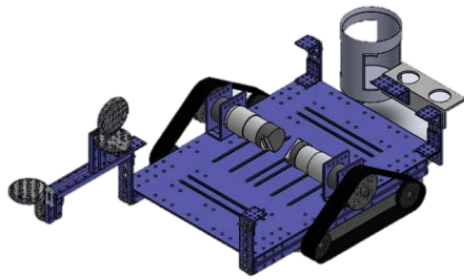


圖 1.底盤設計

2.2.2 作業機構

抓取機構方面，依據假定目標抓取物規格約為直徑 8 ± 2 公分之球型物體以及控制的動力機構為伺服馬達這兩點作為參考背景，以此為標的設計出符合需求之機構。

先利用 SolidWorks 2013 繪製出能配合球面及伺服馬達舵盤的彎曲型爪頭和固定端，再使用 Cura 軟體轉換成 3D 印表機所能判讀之 STL 檔列印輸出，剝除支撐料材後以鏡射之型和兩顆伺服馬達組裝，利用控制其轉動角度達到控制夾爪開閉的效果。爪臂的部分選用總長 184mm；上面開有 12 個相距 8mm 圓孔之 U 型鋁材，底端圓孔安裝一顆伺服馬達，用於控制爪臂升降，而爪頭可任意選擇由下往上數第七至第十二孔位調整夾爪機構的長短，方便未來配合抓取目標物的遠近進行調整。經量測後，爪臂長度範圍約為 30~35cm 長。

噴水機構方面，幫浦選用兩個額定電壓 12 伏特的 385 微型抽水馬達，並用兩顆電磁繼電器分別控制。以塑膠水管當作噴水導管，並以電公膠布及止瀉膠帶做防漏處理，管末端插入蛇管中並使用 L 型支架做為支撐，調整噴水角度。而幫浦架及水槽架則同樣利用上述 3D 列印的方法，繪製出符合零件尺寸的固定座後列印輸出。

因考量到車體配重、電路裝配以及補水和打水的便利性，本研究將幫浦及水槽附掛於車體末端，以達到穩定車身及方便補水之特性。圖為使用 SolidWorks 2013 繪製之設計圖。

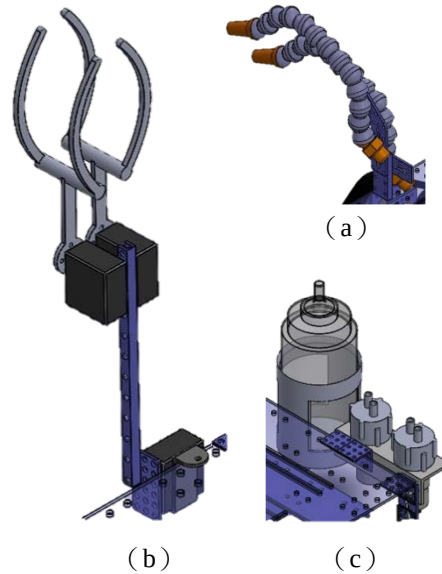


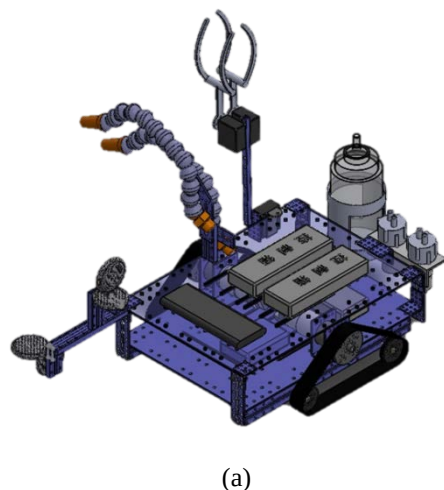
圖 2.(a)蛇管；(b)夾取機構；(c)水槽及幫浦

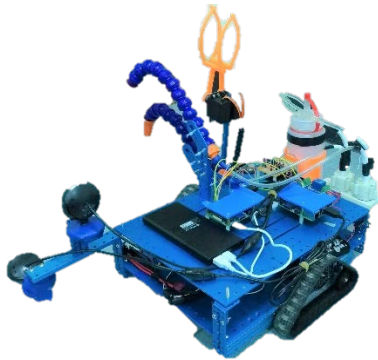
2.3 硬體

硬體結構中，使用兩台 Raspberry Pi 3 為影像辨識控制端，分別為車道辨識端與工作辨識端，將訊號送至 Arduino Uno 進行模式判斷，進而控制機體行為；以兩個繼電器分別作為上下抽水馬達之開關；驅動器則控制左右總共兩顆行星馬達；以一顆 12V 鋰電池供給抽水馬達與行星馬達動力。

2.4 機構整合

本研究車體為分為上下兩層，下層負載 12V 鋰電池、馬達驅動板、Arduino Uno；上層負載兩片 Raspberry Pi 3、兩顆電磁繼電器以及供給 Raspberry Pi 3 電力的行動電源；右側中段為兩根上下排列的蛇管，後段為夾爪手臂；機體後側則附掛水槽、兩顆抽水馬達。圖 3.為設計圖與實體圖之比照。





(b)

圖 3.機器人外貌(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。

2.5 軟體系統建置

本章節涵蓋了影像辨識端、實際動作端之軟體編寫方法。

2.5.1 程式語言與流程

本研究中影像辨識端使用 Java 程式語言搭配 OpenCV 函式庫編寫，並利用 Raspberry Pi 3 輸出訊號，本研究使用到之接腳有：Ground、Gpio。Ground 腳位與 Arduino Uno 共地，Gpio 腳則輸出 3.3V 於 Arduino Uno 辨識工作模式與開關繼電器。實際動作端則是使用 Arduino 程式語言，編寫機體的工作、行動模式。

圖 4.為本機體程式流程圖，敘述機體實際之動作流程，開啟電源後，先以影像辨識機體是否偏移車道或進入工作模式，若無需工作，程式將判斷車道偏移方向，進而修正機體行走路線；若進入工作模式，將判斷該實行何種工作，進而停車進行工作，工作結束後，機體繼續行走、辨識車道偏移與工作。直到人員關閉電源前，機體皆是自動運作。

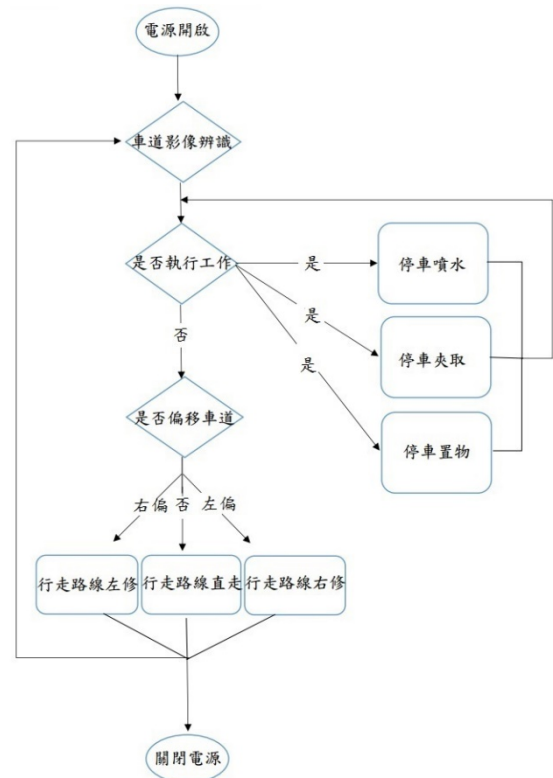


圖 4.程式流程

2.5.2 影像辨識

影像辨識系統分為車道辨識與工作辨識兩大系統，各使用一台 Raspberry Pi 3 輸出訊號，兩大系統皆是取得相機之影像，使用 HSV 色彩空間進行影像二值化，影像之色彩 HSV 值若在設定範圍內，該色彩會變成白色，此判斷條件為 1；反之，若 HSV 值不在範圍內，色彩將變成黑色，此判斷條件為 0，設定目標座標點，若目標座標點偵測條件為 1 時，指定 Gpio 腳輸出高電位給 Arduino Uno 進行對應動作。HSV 色彩空間相較於 RGB 色彩空間，具有較強的感知度，H 為色相，也就是俗稱的顏色，範圍為 0~180，S 為飽和度，是色彩的純度，範圍為 0~255，V 則為亮度，範圍為 0~255，本研究之影像辨識著重於 H 色相之調整。(影像二值化視窗如圖 5 至圖 8 所示。

a.車道線的顏色為藍色，其 HSV 值範圍為 (100,50,50) ~ (140,255,255)。

b.花盆的顏色為棕色，其 HSV 值範圍為 (0,200,10) ~ (20,255,150)。

c.蘋果的顏色為綠色，其 HSV 值範圍為 (45,100,100) ~ (60,255,255)。

d.蘋果放置區的顏色為紅色，其 HSV 值範圍為 (0,200,0) ~ (200,255,255)。

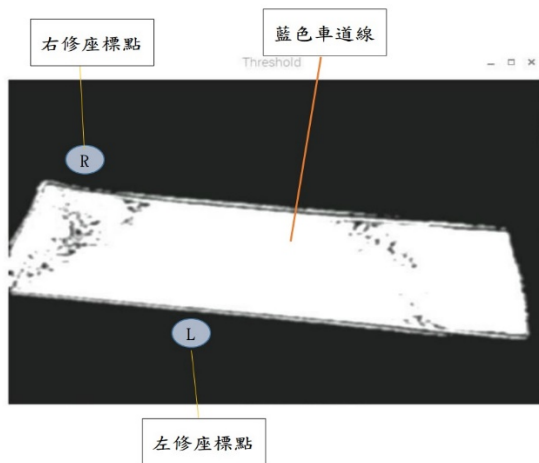


圖 5.車道辨識二值化視窗與座標點位置

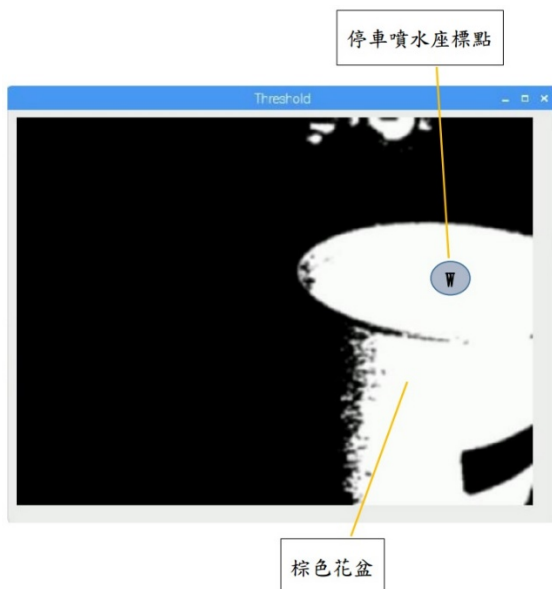


圖 6.水盆影像二值化視窗

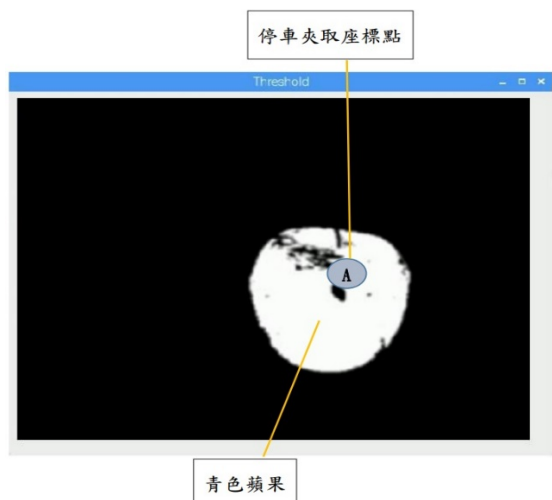


圖 7.青蘋果影像二值化視窗

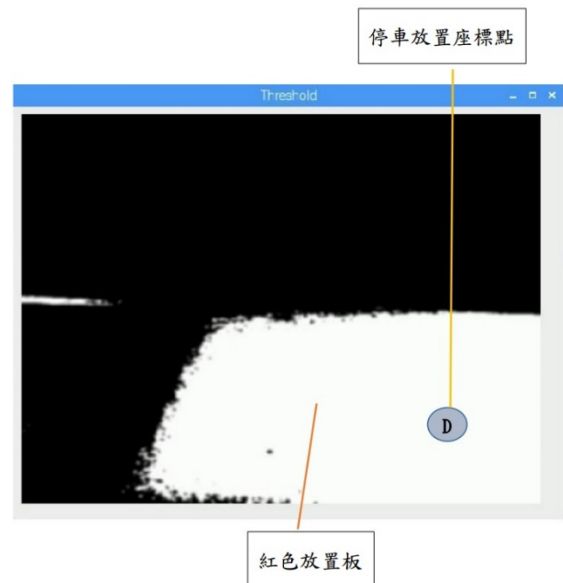


圖 8.紅色放置板影像二值化視窗

2.5.3 實際動作端

Arduino 接收 Raspberry Pi 3 之訊號，利用 If 迴圈判斷車道是否需要修正、噴水或取物，進而執行車道修正與準確噴水或夾取目標物。

車道修正方式為差速調整方向，行走馬達之速度是由 Arduino 程式所給予之 PWM 所決定，左修時，左行走馬達 PWM 略少於右行走馬達，如此便可將機體往左邊修正方向，右修時則反之。

三、實驗結果

3.1 實驗規劃

實驗場域規劃

實際實驗場域位於生機系一館之空地。

實驗場域之照片於附錄 C。

其中各工作項目距離車道線之距離如下：

花盆:8 公分以及 23 公分。

蘋果夾取位置:23 公分。

蘋果放置區位置:15 公分。

3.2 結果討論

a. 外來光線將會影響 HSV 之數值，進而影響影像辨識的準確度，因此我們利用相機本身之補光裝置，依日照進行不同程度的補光，進而增加影像辨識之穩定性。

b.因 Raspberry Pi 3 電源供給端為行動電源，限制了 Raspberry Pi 3 之工作電流，導致 Vcc 接腳無法供給電源給其他裝置，一旦 Vcc 供給電源將會影響 Raspberry Pi 3 之工作穩定度。

c.因機構設計因素，相機設置於機體前端，而工作機構設置於機體中後段，因此需設定延遲秒數 0.85 秒後才輸出訊號，如此才能使機體行走至動作正確執行位置進行準確之工作。

以下為各工作項目之成功率(總實驗次數皆為三十次):

準確噴水成功次數:16次，成功率為53%。

準確夾取蘋果次數:23次，成功率為76%。

準確放置蘋果次數:20次，成功率為66%。

四、結論

4.1 本研究所開發出之自走車已具有以下能力：

- a. 使用影像辨識循跡自走
- b. 判斷指定花盆精準澆水
- c. 偵測目標定點夾取
- d. 準確放置夾取目標物

準確噴水成功次數:16次，成功率為53%。

準確夾取蘋果次數:23次，成功率為76%。

準確放置蘋果次數:20次，成功率為66%。

4.2 未來工作

以下簡要說明本文後續將完成之工作。

- a. 可將機體加大增加儲水量、夾爪加長以適用於更大型的場域。
- b. 利用影像辨識系統新增辨識作物成熟度再進行採收。

五、致謝

感謝張仲良教授不辭辛勞的悉心教導，對此專題費心盡力，讓我們從無知懵懂到現今的獨當一面。實驗室的所有學長及同儕的一路相伴扶持是我們努力至今的動力。需感謝的人不勝枚舉，萬分感謝！

六、參考文獻

[1].趙欣，2009，智能機器人在農業自動化領域的主要應用，2009-2584，唐山師範學院，河北唐山

[2].林歡、許林云，2015，中國農業機器人發展及應用現狀，浙江農業學報，第 27 卷，第 5 期，第 865-871 頁

浙江農業學報，第 27 卷，第 5 期

[3].王中行、李昭龍，1997，影像處理在圖形辨識與機械手臂裝配應用之研究，大葉學報，第六卷，第一期，第 101-109 頁

[4].Abdillah Komarudin, Ahmad Teguh Satria, Wiedjaja Atmadja, 2015, "Designing License Plate Identification Through Digital Images with OpenCV", Procedia Computer Science 59, pp.468-472

[5].Jean-Luc Liardon, and D.A. Barry, 2017, "Adaptable Imaging Package for Remote Vehicles", HardwareX 2, pp1-12

[6].張玉政、莫琦、莫松穎，2017，基於機械臂的智能小車，廣東石油化工學院，茂名

[7]. Khairul Azmi, Mahadhir, Shing Chiang Tan, Cheng Yee Low, Roman Dumitrescu, Adam Tan Mohd Amin, Ahmed Jaffar, 2014, "Terrain Classification for Track-Driven Agricultural Robots", Procedia Technology 15, pp775 – 782

[8]. 許文昌、白瑞翔、曾俊文、呂翎維，2012，履帶型機器人研製，亞東學報，第 37-44 頁

[9]. Francesco Mocera, and Andrea Nicolini, 2017, "Multibody Simulation of A Small Size Farming Tracking Vehicle", Procedia Structural Integrity 8, pp118-125

[10].Mallikarjun Anandhalli, and Vishwanath P. Baligar, 2017, "A Novel Approach in Real-Time Vehicle Detection and Tracking Using Raspberry Pi", Alexandria Engineering Journal

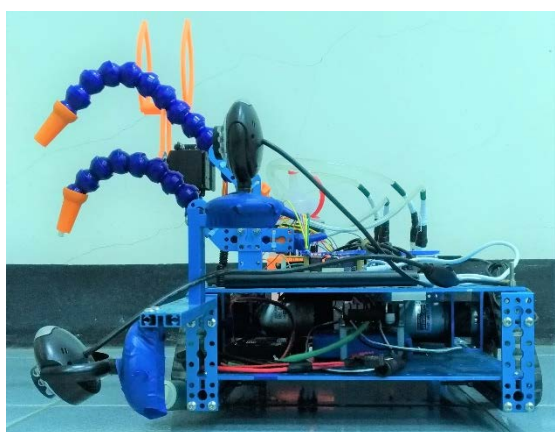
附錄

A. 材料表

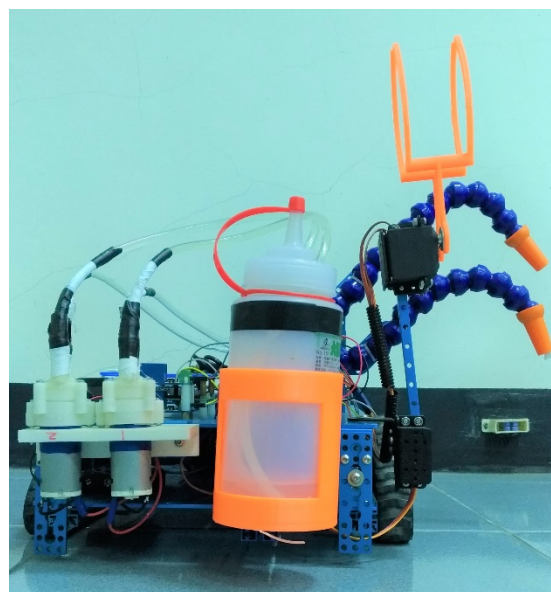
零件	廠商	尺寸	數量
鋁擠	Mbot	23x23x334mm	2
履帶	Mbot		2
齒輪	Mbot	92 齒、61 齒	6
馬達座	Mbot		6
板材	Mbot	360x255x2mm	2
儲水固定座	3D 列印		4
夾爪	3D 列印		4
噴油管			2
電池座			3
乾電池			14
器材			
鋰電池		24x58x86mm	2
馬達	Mbot		2
行動電源			2
影像鏡頭			2
伺服馬達			3
抽水馬達			2
儲水瓶			1

控制元件	數量
Raspberry Pi 3	2
Arduino Uno	1
電磁繼電器	2
馬達驅動板	1

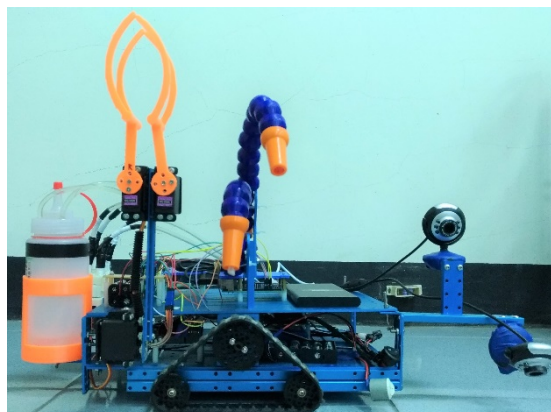
B. 機體照片



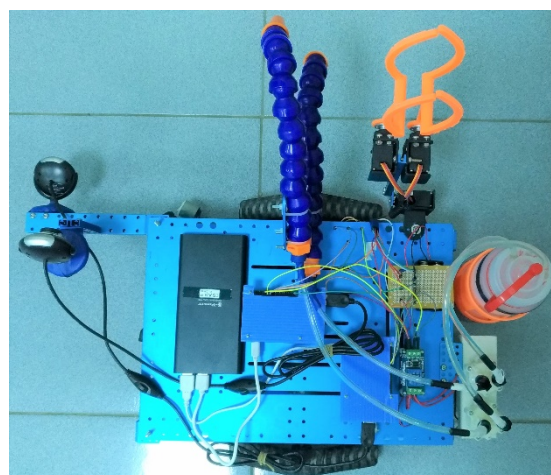
機體正面



機體背面



機體右側



機體上面

C. 實驗場域照片



Image recognition in two wheel drive vehicle to follow the trail from the road.

Destine the water spray direction, object pick up and put down.

Student: Hong-Yi Wu, Zong-Yu He ,
Yu-Hong Wang

Advisor: Dr. Chung-Liang Chang

Department of Biomechatronics Engineering

National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

This investigation is development of two wheel drive image recognition in two wheel drive vehicle. Raspberry is the processor of image recognition. It content follow the trail, destine the water spray direction and object pick up and put down.

The vehicle is in use of track-drive. It can increase the contact area from the road, wheel-spin and cave in. So we can use the vehicle in many rough terrain. Expect to promote agricultural automation development.