

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

082801

**RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋  
垃圾桶**

學校名稱： 國立屏東大學附設實驗國民小學

作者：  小五 吳昱陞 小五 何沛錡 小六 王得亘 小四 蕭羅恪 小四 蘇羽綾 小四 蕭崇鈺	指導老師：  李俊輝
---	------------------

關鍵詞： AI 辨識、自動開蓋垃圾桶、RFID

## 摘要

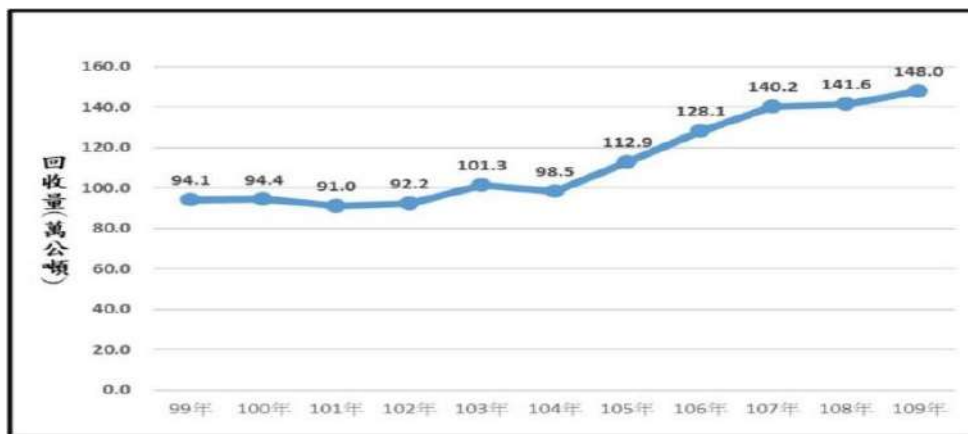
本研究主題是 RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，為了改善校園環境垃圾分類不確實，減少海洋垃圾的汙染，又可減少人與垃圾接觸的機會，降低細菌、病毒的傳播風險。本研究結合人工智慧影像辨識和機電整合自動控制與 IoT 技術，透過程式設計實現整體功能。

利用課程所學，將回收垃圾以不同數量、背板等來進行 AI 模型訓練，探究最佳辨識模型，並將訓練好的模型上傳到 Pixetto AI 鏡頭上，透過 AI 鏡頭進行回收垃圾影像分類辨識，運用程式驅動馬達開啟正確分類回收垃圾桶蓋，將辨識數據藉由 IoT 上傳雲端，達到垃圾分類更準確且減少人與垃圾桶接觸的機會，希望藉由獎勵制度有效地提升分類回收垃圾量、降低海洋廢棄物數量。

## 壹、研究動機

相信大家曾看到或聽聞「海龜把塑膠袋吃進肚子裡、鯨魚體內發現了重達 800 公斤的塑膠垃圾…」等新聞，每每聽到這類消息總令人既驚訝又難過。若是我們無法將可再回收之垃圾分類確實且再次、多加利用，便會對大環境造成破壞、海洋生物也遭受嚴重的危害。然而在學校、街道上，經常可看到滿地的垃圾或是可回收之垃圾被當作一般垃圾丟棄，讓大家真是一個頭兩個大，所以我們想把在運算思維課程學到的知識運用在生活中來解決這類型的問題。

我國歷年的垃圾回收率雖然有逐年提高，但每年的成長率增長的幅度卻逐漸趨於緩和，如(圖一)，這顯示我們在垃圾回收的部分已遇到瓶頸。為了能達到聯合國宣布的「2030 永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs) 中 14 號保育海洋生態與第 15 號保育陸域生態的目標，我們該如何能將可回收垃圾更準確且有效地分類呢？



圖一：台灣歷年垃圾回收率與垃圾回收增長率圖，環境部（99年 - 109年）

## 貳、研究目的

- 一、探討 Teachable machine 回收塑膠垃圾 image 訓練數量對 AI 模型辨識度的影響。
- 二、探討環境亮度對 AI 模型辨識度的影響。
- 三、探討 Teachable machine 模型訓練 Epoch 值對 AI 模型辨識度的影響。
- 四、探討回收垃圾在不同的背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響。

- 五、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達，距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。
- 六、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達，舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。
- 七、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達，舵片裝設材料對開蓋程度的影響。
- 八、探討自動開蓋分類回收垃圾桶在 1000 張回收垃圾 Epoch80 時，訓練 AI 模型對自動開蓋程度的影響。
- 九、探討 RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶應用在日常生活的可行性。

## 參、文獻探討

### (一)Teachable machine

Teachable Machine 是 Google 所推出的簡易 AI 教學機器，只需要簡單的步驟，就能夠在瀏覽器上訓練模型，透過訓練的模型辨識圖片、聲音或是姿勢，並且分辨這是屬於哪一類的模型。

### (二)人工智慧

人工智慧簡稱 AI，是指能執行複雜任務的應用程式，這些複雜任務曾經需要人工輸入，例如與顧客線上溝通或下棋。這個詞常與它的子欄位交換，包括機器學習 (ML) 和深度學習。人工智慧於一般教材中的定義領域是「智慧主體 (intelligent agent) 的研究與設計」，智慧主體指一個可以觀察周遭環境並作出行動以達致目標的系統。約翰·麥卡錫於 1955 年的定義是「製造智慧機器的科學與工程」。安德烈亞斯卡普蘭 (Andreas Kaplan) 和麥可·海恩萊因 (Michael Haenlein) 將人工智慧定義為「系統正確解釋外部資料，從這些資料中學習，並利用這些知識透過靈活適應達成特定目標和任務的能力」。人工智慧可以定義為模仿人類與人類思維相關的認知功能的機器或計算機，如學習和解決問題。

### (三)監督式和非監督式學習



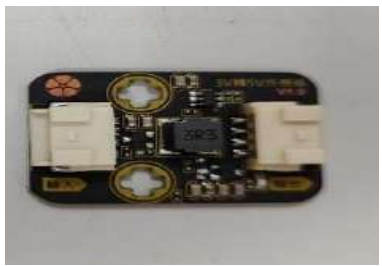




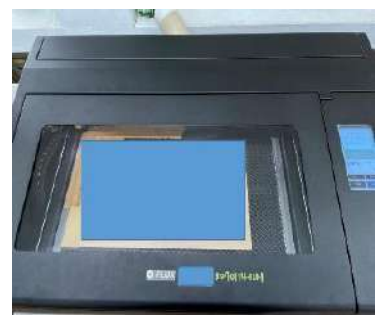

監督式和非監督式機器學習 (ML) 是 ML 演算法的兩個類別。ML 演算法處理大量歷史資料，以透過推論來識別資料模式。監督式學習以指定演算法的輸入和輸出，通常是手動完成標記；非監督式機器學習是指在沒有任何已標記輸出資料的情況下提供演算法輸入資料，然後，演算法會自行識別資料內部和之間的模式與關係。



圖二:AI 與機器學習和深度學習的關係，引自中台山月刊 249 期

## 肆、研究設備及器材

器材	Pixetto 鏡頭	傳輸線	EZDIO 擴展板/LinkIt7697 主控板
----	------------	-----	--------------------------

圖片			
器材	伺服馬達	3V 轉 5V 升壓板	紅綠燈模組
圖片			
器材	各式連接線	冰棒棍、氣球棒	紙箱
圖片			
器材	垃圾桶	照度計	Logi 視訊鏡頭
圖片			
器材	雷切機	電腦主機	剪刀、三角板、量角器、美工刀、鉛筆、膠帶、馬克筆
圖片			
器	各色 PP 背板	熱熔槍	行動電源

材			
圖片			
器材	寶特瓶	巧克力牛奶紙盒	優格塑膠盒
圖片			
器材	養樂多罐	舒跑	RF-ID 卡與讀取器
圖片			

圖片皆自行拍攝

## 伍、研究過程及方法

### (一) 研究過程

#### ◆準備工作

收集 2 種類別的回收垃圾樣本（如：塑膠瓶、紙類）。

使用 Teachable Machine 進行影像數據收集和模型訓練。

#### ◆模型訓練

將收集到的影像數據導入 Teachable Machine 進行訓練，調整參數（如光源值、Epoch 值、背板等）。

優化模型以達到最佳辨識效果。

#### ◆模型部署

將訓練好的模型上傳到 Pixetto AI 鏡頭做訓練。

配置 AI 鏡頭以進行實時垃圾分類辨識。

#### ◆自動控制

通過程式驅動伺服馬達，實現垃圾桶蓋的自動開啟。

根據 AI 鏡頭的辨識結果，自動打開相應的垃圾桶蓋。

## (二) 研究架構設計

### ◆AI 模型訓練參數

訓練數據及數量：不同數量的樣本進行比較。

光源條件：在不同光源下進行訓練。

Epoch 值：調整訓練的迭代次數。

背板條件：在不同背景條件下進行訓練。

### ◆測試環境

在不同光源和背景下進行測試，評估模型的穩定性和準確性。

### ◆資料分析

收集並分析在各種實驗條件下的辨識準確度。

找出最佳模型並進行優化。

## (三) 研究流程圖

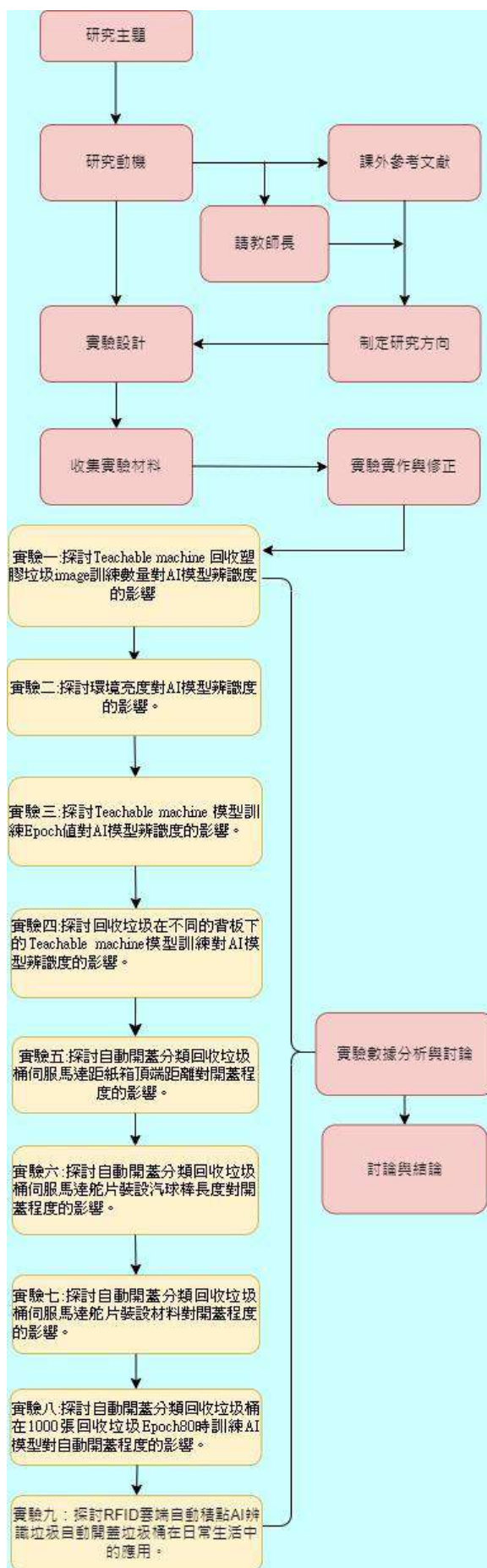
### ◆資料收集與準備

### ◆AI 模型訓練

### ◆模型上傳與部署

### ◆實驗測試與數據收集

### ◆數據分析與優化



圖三：研究流程圖，自行繪製

#### 四、實驗步驟

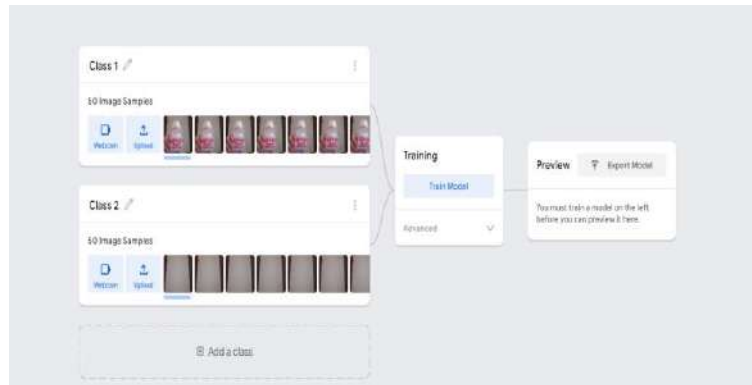
##### (一)、AI 模型部分:

步驟一:Teachable machine 回收塑膠垃圾 image 訓練，如圖四。

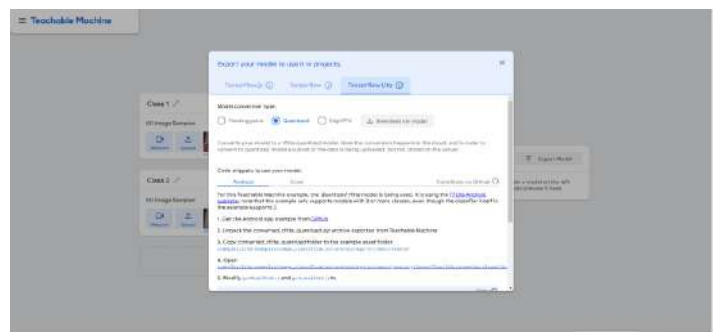
步驟二:訓練模型下載，如圖五、圖六、圖七。

步驟三:訓練模型上傳 Pixetto 鏡頭，如圖八、圖九、圖十、圖十一。

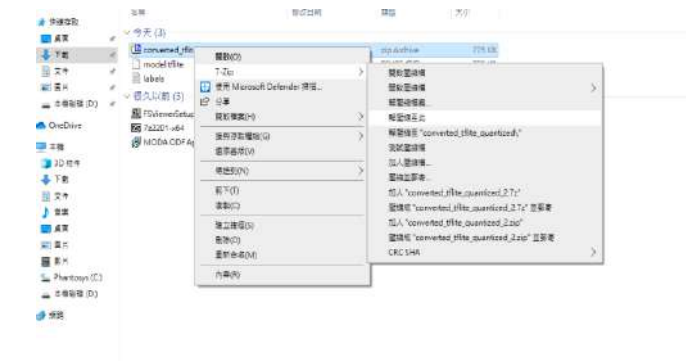
步驟四:利用 pixutils 軟體進行 Pixetto 鏡頭模型辨識度監看，如圖十二。



圖四:Teachable machine 影像模型訓練，自行拍攝



圖五:Teachable machine 訓練完影像模型下載，自行拍攝



圖六:Teachable machine image train 解壓縮，自己拍攝

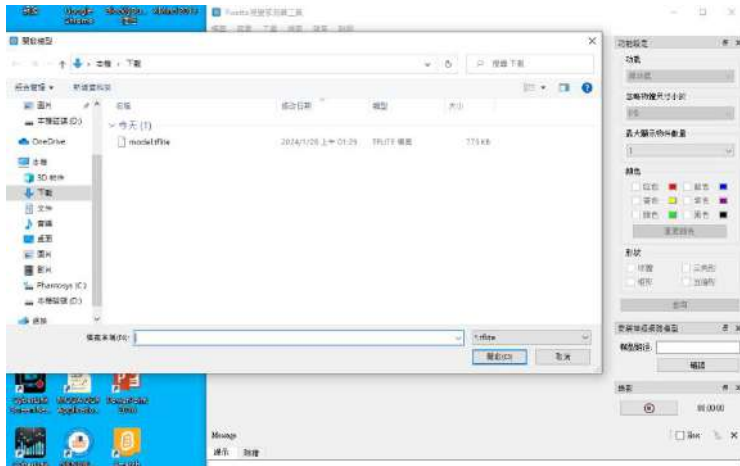
model.tflite	2024/1/26 上午 01:23	TFLITE 檔案	775 KB
labels	2024/1/26 上午 01:22	文字文件	1 KB

圖七:Teachable machine image train 解壓縮完成，自行拍攝

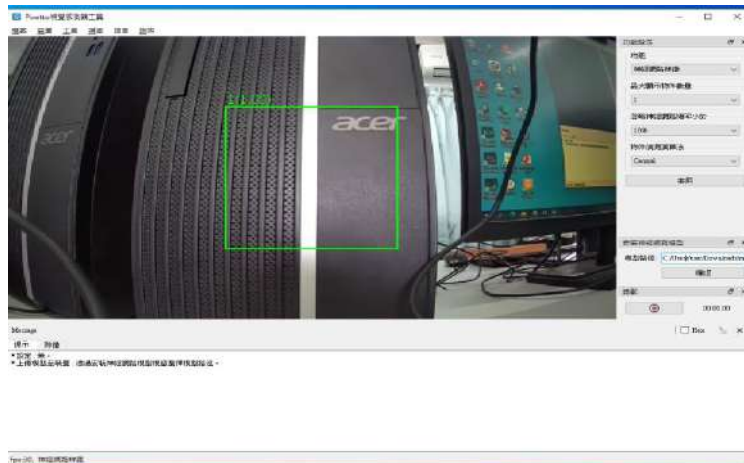




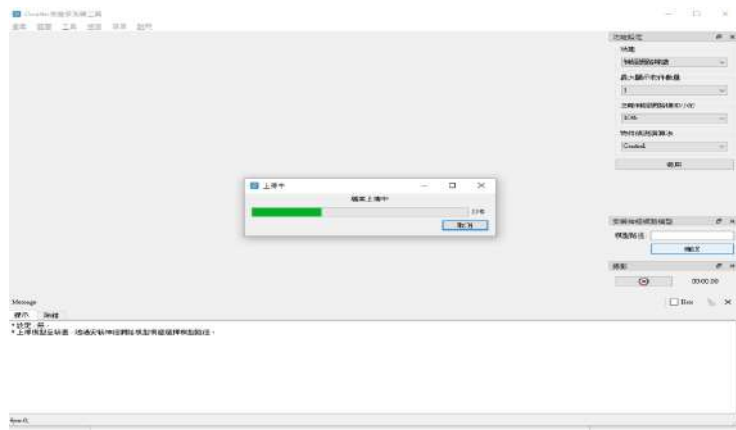
圖八:打開 pixutils，自行拍攝



圖九:選擇模型路徑，自行拍攝



圖十:連接 pixutils 鏡頭，自行拍攝



圖十一:按下確認，自行拍攝



圖十二:辨識信心度，自行拍攝

- (1)實驗一: 探討 Teachable machine 回收塑膠垃圾 image 訓練數量對 AI 模型辨識度的影響。  
 在視訊鏡頭感測亮度 200(lux)下進行 150、200、250、300 張回收塑膠垃圾 image 數量訓練，依照 AI 模型部分步驟一~步驟四進行實驗。  
 我們發現 300 張以上時就沒有變化了所以我們才選擇用 300 張進行實驗。

探討 Teachable machine 回收塑膠垃圾 image 訓練數量對 AI 模型辨識度的影響	
操縱變因	回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數
控制變因	視訊鏡頭 視訊鏡頭感測亮度 200(lux) 背景 回收塑膠垃圾 支撐架
應變變因	AI 模型辨識的準確度

- (2)實驗二:探討環境亮度對 AI 模型辨識度的影響  
 回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數 300 張，在環境亮度 200、300、400、500(lux)下，如圖十三，依照 AI 模型部分步驟一~步驟四進行實驗。環境亮度(lux)分別模擬為早上、中午、下午、晚上。

探討環境亮度對 AI 模型辨識度的影響	
操縱變因	環境亮度
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架
應變變因	AI 模型辨識的準確度

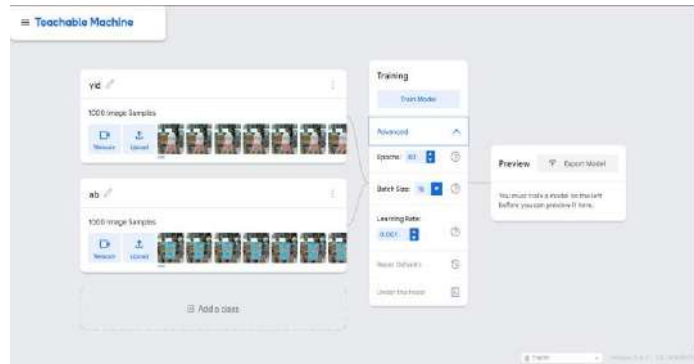


圖十三:Teachable Machine Image 訓練時的環境亮度(lux)偵測，自行拍攝

(3)實驗三:探討 Teachable machine 模型訓練 Epoch 值對 AI 模型辨識度的影響。

由文獻探討得知 Epoch 值需在訓練張數較多時才有差異，故在回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數 300 張、700 張、1000 張，調整 Epoch 值為 50、60、70、80，如圖十四，依照 AI 模型部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討 Teachable machine 模型訓練 Epoch 值對 AI 模型辨識度的影響	
操縱變因	Epoch 值
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架 環境亮度
應變變因	AI 模型辨識的準確度



圖十四:Epoch 值，自行拍攝

(4)實驗四: 探討回收垃圾在不同的背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響。

利用回收垃圾在無 PP 背板、黑色 PP 板、白色 PP 板、紅色 PP 板、黃色 PP 板、綠色 PP 板、藍色 PP 板下進行 700 張 Epoch70 模型訓練，並依照 AI 模型部分步驟一~步驟四進行實驗。

實驗四名稱	探討回收垃圾在不同的背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響	
實驗目的:	操縱變因	回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數
回收垃圾在不同的背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響	控制變因	視訊鏡頭 背景 回收垃圾 支撐架 回收垃圾 image 訓練數量張數
	應變變因	AI 模型辨識的準確度

(二)、機電整合部分:

步驟一:測試伺服馬達角度，定位 0 度、90 度與 180 度，並裝上舵片，如圖十五。

步驟二:紙箱依據實驗條件開伺服馬達孔位，如圖十六。

步驟三:裝上伺服馬達與帶動軸材料，如圖十七。

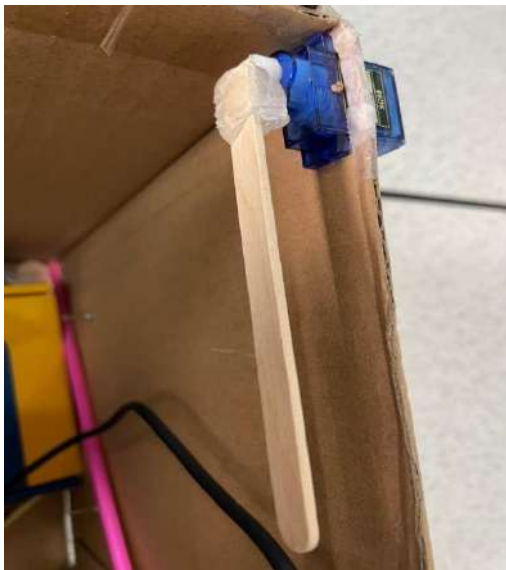
步驟四:編寫程式，如圖十八，量測開蓋角度如圖十九。



圖十五: 伺服馬達角度定位，自行拍攝



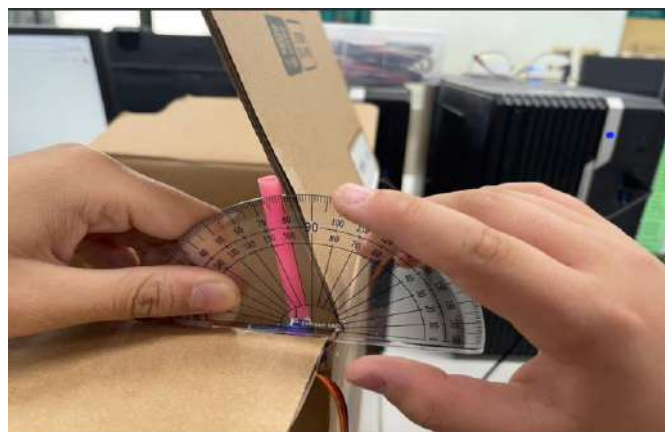
圖十六: 伺服馬達孔位開孔裝設，自行拍攝



圖十七: 裝上伺服馬達與帶動軸材料, 自行拍攝



圖十八: 量測開蓋角度程式, 自行拍攝



圖十九: 測量開蓋角度, 自行拍攝

(1) 實驗五: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。

伺服馬達舵片裝設 10.7cm 汽球棒, 在距紙箱頂端 0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm, 依照機電整合部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響	
操縱變因	距紙箱頂端距離 0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm
控制變因	自動開蓋垃圾桶 伺服馬達舵片裝設 10.7cm 汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

- (2)實驗六: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。  
 伺服馬達舵片裝設 10.7cm、3cm、1.3cm 汽球棒，在距紙箱頂端 0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm 下，依照機電整合部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響	
操縱變因	伺服馬達舵片裝設 10.7cm、3cm、1.3cm 汽球棒
控制變因	自動開蓋垃圾桶 伺服馬達舵片裝設汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

- (3)實驗七: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響。  
 伺服馬達裝設 10.7cm 汽球棒、冰棒棍、鋁棒對開蓋程度的影響。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響	
操縱變因	伺服馬達舵片裝設 10.7cm 汽球棒、冰棒棍、鋁棒
控制變因	自動開蓋垃圾桶 伺服馬達舵片裝設 10.7cm 材料 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

- (4)實驗八:探討自動開蓋分類回收垃圾桶在 1000 張回收垃圾 Epoch80 時訓練 AI 模型對自動開蓋程度的影響。

利用實驗一~實驗六的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾 AI 模型訓練，結合機電整合，進行各式回收垃圾辨識度的實驗。

- (5)實驗九:探討 RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶應用在日常生活的可能性

運用實驗八的研究成果，嘗試運用市面上的垃圾桶進行改造，我們成功利用雷切機將垃圾桶蓋切除多餘部分，並利用美工刀進行伺服馬達位置開孔，再匯入回收垃圾訓練好的 AI 模型後，藉由程式設計控制垃圾桶開啟正確的回收桶蓋子，程式如圖三十四、實際成品如圖三十五，達到正確回收的目的，在 RFID 的部分上，運用了雲端積點功能，在各班級內安裝自動開蓋垃圾桶，每辨識一次，會在 GOOGLE 試算表上增添一筆數據，而使用統計表，觀察每班的使用數據，再設計一個獎勵措施，規定回收次數到達標準以上，可以獲得獎勵，這樣相信可以增加垃圾回收率，可以讓校園分類不確實的情形減緩，也可以減少因回收不確實造成海洋廢棄物的增加，為世界盡一份小小的心力。

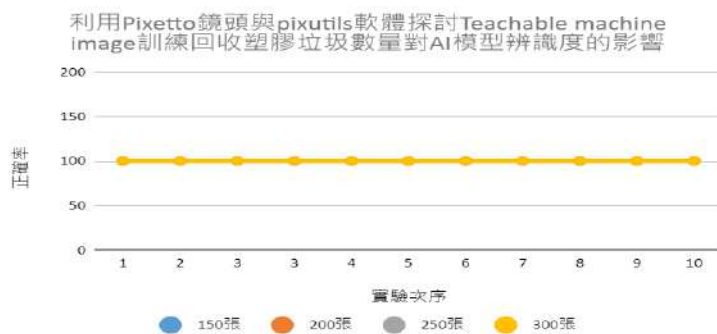
## 陸、研究結果

一、實驗一: 探討 Teachable machine 回收塑膠垃圾 image 訓練數量對 AI 模型辨識度的影響  
 運用 Teachable machine 和桌機之視訊鏡頭，在視訊鏡頭感測亮度 200(lux)下進行 150、200、250、300 張之回收塑膠垃圾訓練，並將訓練好的模型上傳至 Pixetto 鏡頭，利用 pixutils 軟體進行訓練模型準確度實驗。

實驗一名稱	探討 Teachable machine 回收塑膠垃圾 image 訓練數量對 AI 模型辨識度的影響	
實驗目的:  回收塑膠垃圾 image 訓練數量對 AI 模型辨識度的影響	操縱變因	回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數
	控制變因	視訊鏡頭 視訊鏡頭感測亮度 200(lux) 背景 回收塑膠垃圾 支撐架
	應變變因	AI 模型辨識的準確度

實驗記錄:

利用 Pixetto 鏡頭與 pixutils 軟體探討 Teachable machine image 訓練回收塑膠垃圾數量對 AI 模型辨識度的影響										
\次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
訓練回收塑膠垃圾張數										
150 張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
200 張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
250 張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
300 張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



圖二十:Teachable machine image 訓練回收塑膠垃圾張數數量對 AI 模型辨識度的影響，自行繪製

小結：由以上實驗我們可以發現當 Teachable Machine image 訓練張數增加時，準確度也會一起同時提高，並且增加模型準確度。

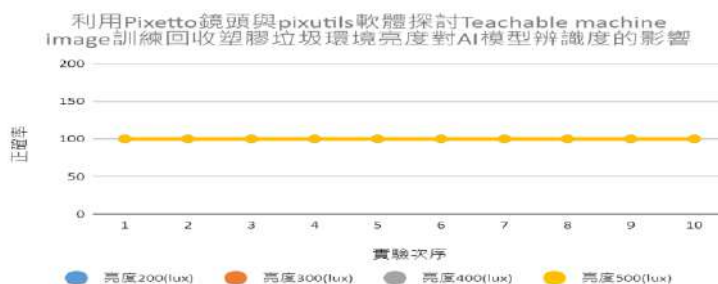
## 二、實驗二: 探討環境亮度對 AI 模型辨識度的影響

回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數 300 張，在環境亮度 200、300、400、500(lux)下，進行實驗。

探討環境亮度對 AI 模型辨識度的影響	
操縱變因	環境亮度 200、300、400、500(lux)
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架
應變變因	AI 模型辨識的準確度

實驗記錄:

利用 Pixetto 鏡頭與 pixutils 軟體探討 Teachable machine image 訓練回收塑膠垃圾環境亮度(lux)對 AI 模型辨識度的影響										
次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
亮度 200(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度 300(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度 400(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度 500(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



圖二十一:Teachable machine image 訓練回收塑膠垃圾環境亮度(lux)對 AI 模型辨識度的影響，自行繪製

小結:從實驗數據中，我們發現環境亮度(lux)對 AI 智慧回收垃圾筒的辨識程度沒有影響，因為許多回收垃圾大多長的相似，AI 訓練可以藉由一些特徵(例如半透明、顏色)來辨識垃圾的類別，但我們發現第 63 屆國中小學科學裡的生活應用一國小組 AI 人臉辨識智慧居家門禁系統，他們的研究結果環境亮度是有差別的，但因為人臉辨識系統是使用 WebAI 鏡頭，我們是使用 Pixetto AI 鏡頭，故需再深入探討研究才知道其差異性。

## 三、實驗三: 探討 Teachable machine 模型訓練 Epoch 值對 AI 模型辨識度的影響。

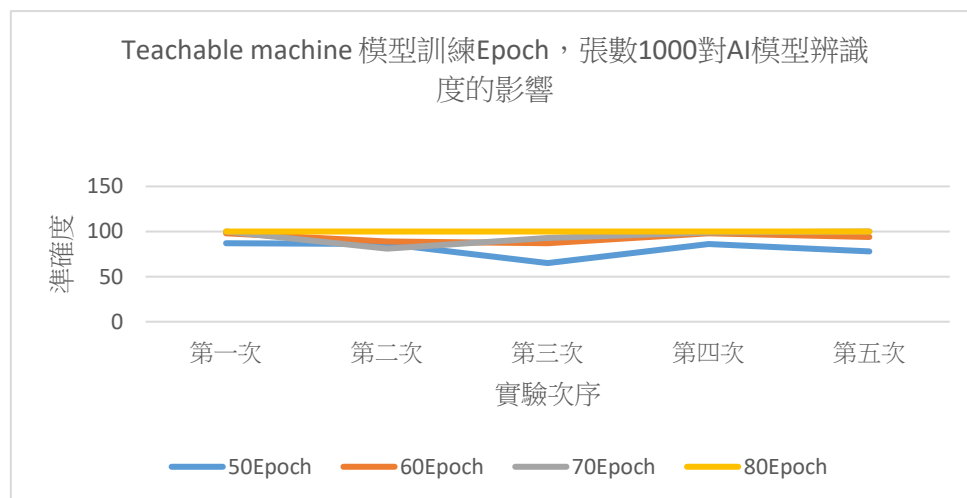
由文獻中得知 Epoch 值需在訓練張數較多時才有差異，故在回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數 1000 張，調整 Epoch 值為 50、60、70、80，進行實驗。



探討 Teachable machine 模型訓練 Epoch 值對 AI 模型辨識度的影響	
操縱變因	Epoch 值
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾 image 訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架 環境亮度
應變變因	AI 模型辨識的準確度

實驗結果:

Teachable machine 模型訓練 Epoch，張數 1000 對 AI 模型辨識度的影響					
Epoch\實驗次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
Epoch50	87	86	65	68	78
Epoch60	89	89	87	98	94
Epoch70	100	81	93	99	100
Epoch80	100	100	100	100	100



圖二十二:Teachable machine 模型訓練 Epoch 值對 AI 模型辨識度的影響，自行繪製

小結：由文獻及實驗結果得知 Epoch80 時，1000 張訓練數量 Epoch80 的辨識度都達到 100%，因此，Epoch80 為回收垃圾 AI 模型訓練時的最佳數值，辨識正確率最高。

四、實驗四: 探討回收垃圾在不同的背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響  
利用回收垃圾在無 PP 背板、黑色 PP 板、白色 PP 板、紅色 PP 板、黃色 PP 板、綠色 PP 板、藍色 PP 板下進行 1000 張 Epoch80 模型訓練與實驗。

實驗四名稱	探討回收垃圾在不同的背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI
-------	---

		模型辨識度的影響	
實驗目的: 回收垃圾在不同的背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響	操縱變因	不同顏色背板下訓練 1000 張 Epoch80 模型	
	控制變因	視訊鏡頭 背景 回收垃圾 支撐架 回收垃圾 image 訓練數量張數	
	應變變因	AI 模型辨識的準確度	

實驗結果:

無 PP 板當背景訓練					
次序\回收垃圾種類	養樂多	牛奶盒	ab 優格	原萃	紙盒
第 1 次辨識信心度	93	63	95	100	100
第 2 次辨識信心度	71	84	86	97	100
第 4 次辨識信心度	94	96	93	100	100
第 5 次辨識信心度	96	100	83	91	99
第 6 次辨識信心度	83	100	95	99	100
第 7 次辨識信心度	80	85	96	90	100
第 8 次辨識信心度	99	100	98	100	100
第 9 次辨識信心度	100	100	96	100	100
第 10 次辨識信心度	99	100	98	98	100

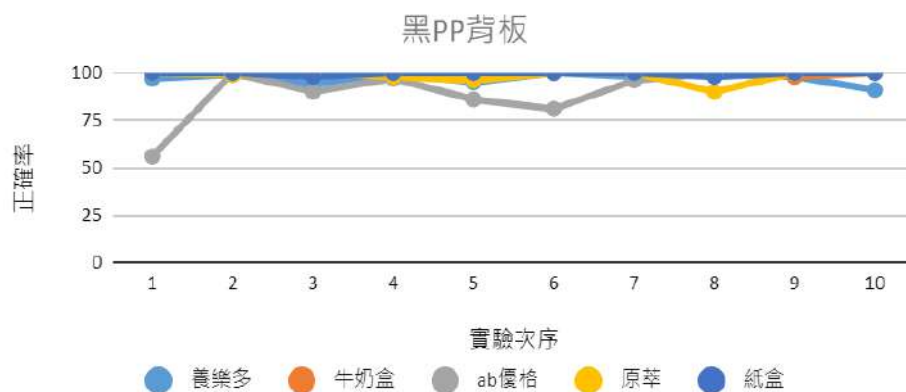
無PP背板

圖表顯示了五種回收垃圾在無 PP 背板下的辨識信心度。Y 軸為辨識度（0 到 100），X 軸為實驗次序（1 到 10）。圖例包括：養樂多（藍色）、牛奶盒（橘色）、ab 優格（灰色）、原萃（黃色）、紙盒（深藍色）。

圖二十三: 回收垃圾在無 PP 背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響，自行繪製

黑色 PP 板當背景訓練					
次序\回收垃圾種類	養樂多	牛奶盒	ab 優格	原萃	紙盒
第 1 次辨識信心度	97	100	56	100	100
第 2 次辨識信心度	99	100	100	99	100

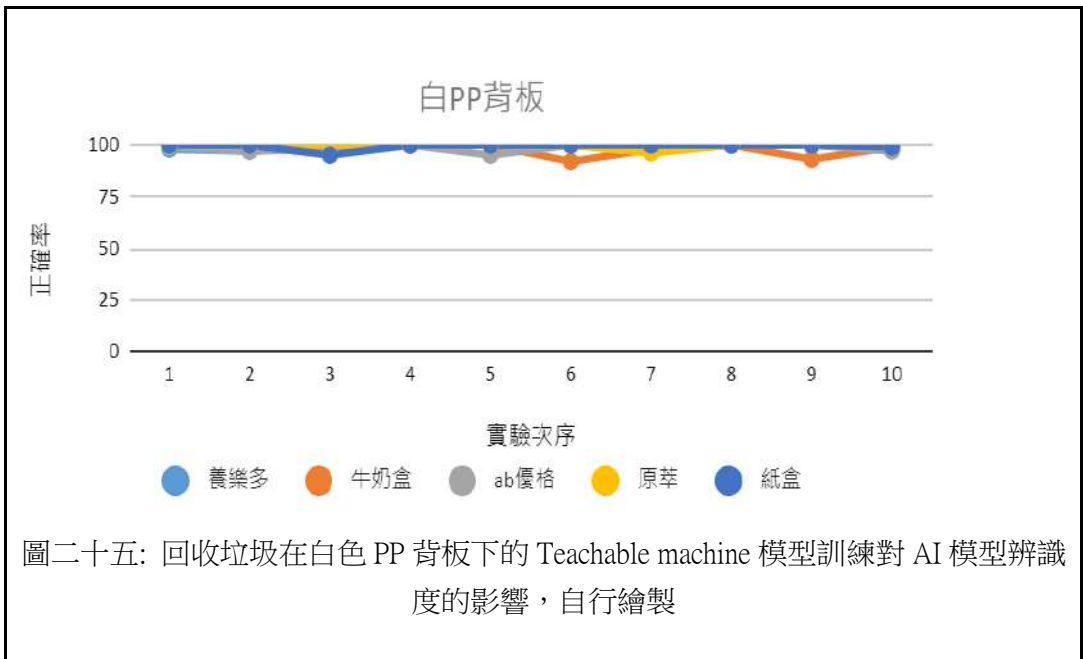
第 3 次辨識信心度	94	100	90	100	98
第 4 次辨識信心度	100	100	97	98	100
第 5 次辨識信心度	95	100	86	96	100
第 6 次辨識信心度	100	100	81	100	100
第 7 次辨識信心度	98	100	96	100	100
第 8 次辨識信心度	99	100	100	90	98
第 9 次辨識信心度	98	98	100	100	100
第 10 次辨識信心度	91	100	100	100	100



圖二十四: 回收垃圾在黑色 PP 背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響，自行繪製

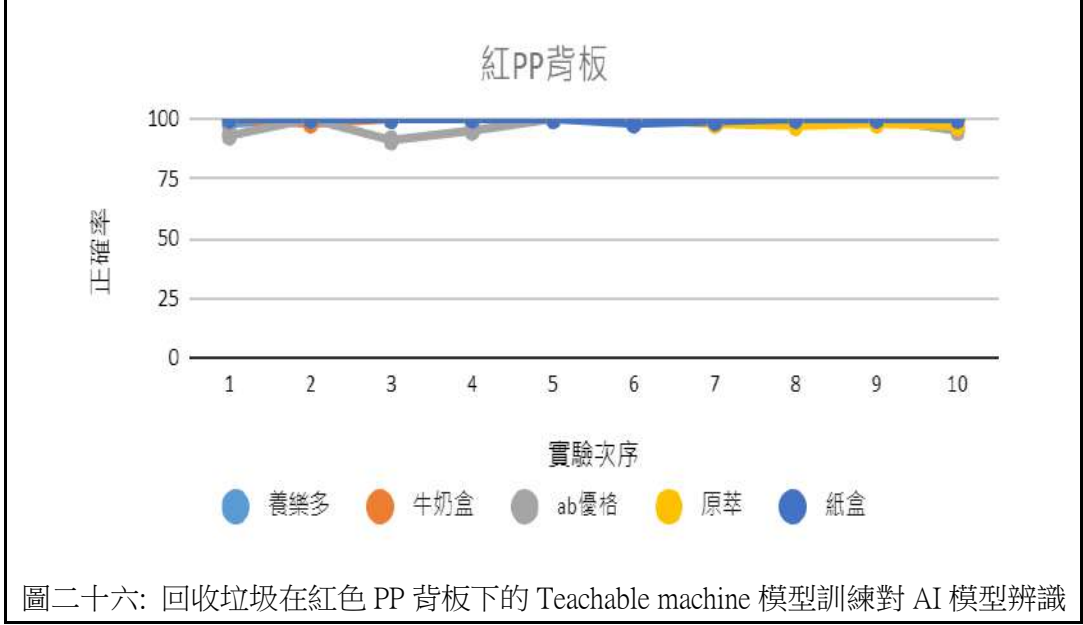
白色 PP 板當背景訓練

次序\回收垃圾種類	養樂多	牛奶盒	ab 優格	原萃	紙盒
第 1 次辨識信心度	98	100	99	100	100
第 2 次辨識信心度	97	100	97	100	100
第 3 次辨識信心度	100	100	98	100	95
第 4 次辨識信心度	100	100	100	100	100
第 5 次辨識信心度	100	100	95	100	100
第 6 次辨識信心度	100	92	100	100	100
第 7 次辨識信心度	100	98	97	96	100
第 8 次辨識信心度	100	100	100	100	100
第 9 次辨識信心度	100	93	100	100	100
第 10 次辨識信心度	100	99	97	100	99



### 紅色 PP 板當背景訓練

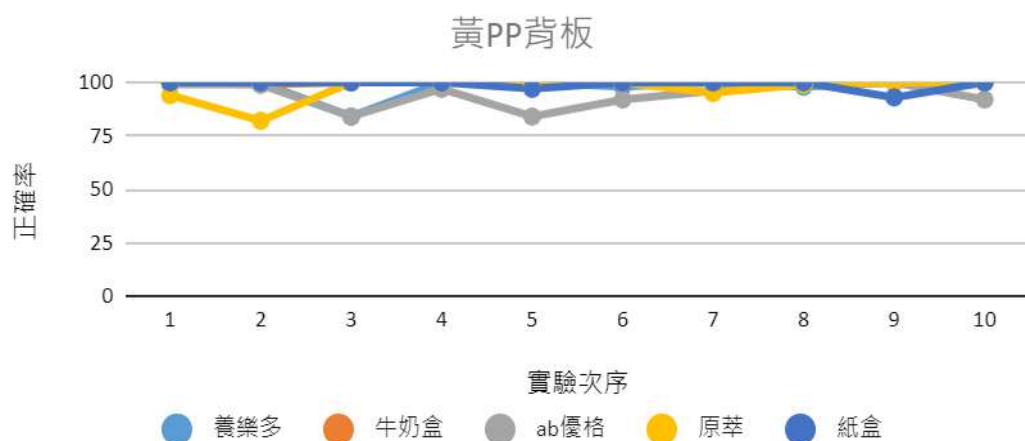
次序\回收垃圾種類	養樂多	牛奶盒	ab 優格	原萃	紙盒
第 1 次辨識信心度	98	100	93	100	100
第 2 次辨識信心度	100	98	100	100	100
第 3 次辨識信心度	100	100	91	100	100
第 4 次辨識信心度	100	100	95	100	100
第 5 次辨識信心度	100	100	100	100	100
第 6 次辨識信心度	100	100	100	100	98
第 7 次辨識信心度	100	100	98	98	99
第 8 次辨識信心度	100	99	99	97	100
第 9 次辨識信心度	100	100	100	98	100
第 10 次辨識信心度	100	100	95	97	100



度的影響，自行繪製

黃色 PP 板當背景訓練

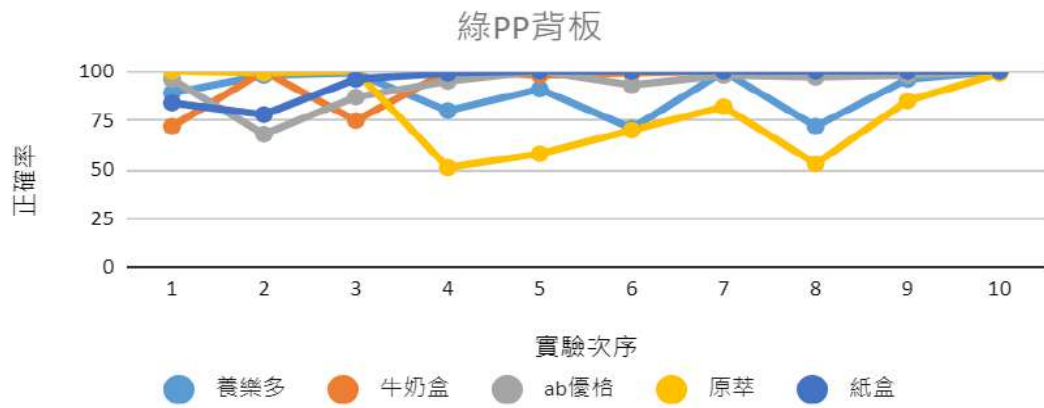
次序\回收垃圾種類	養樂多	牛奶盒	ab 優格	原萃	紙盒
第 1 次辨識信心度	100	100	99	94	100
第 2 次辨識信心度	100	99	99	82	100
第 3 次辨識信心度	84	100	84	100	100
第 4 次辨識信心度	100	100	97	100	100
第 5 次辨識信心度	100	100	84	100	97
第 6 次辨識信心度	98	100	92	100	100
第 7 次辨識信心度	100	100	96	95	100
第 8 次辨識信心度	98	100	99	99	100
第 9 次辨識信心度	100	100	100	100	93
第 10 次辨識信心度	100	100	92	100	100



圖二十七: 回收垃圾在黃色 PP 背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響，自行繪製

綠色 PP 板當背景訓練

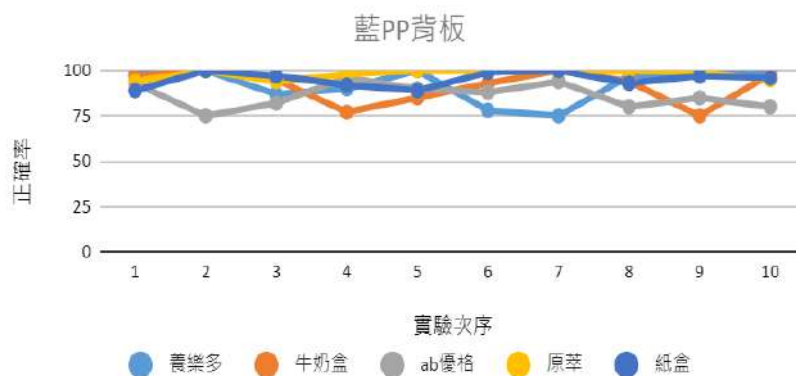
次序\回收垃圾種類	養樂多	牛奶盒	ab 優格	原萃	紙盒
第 1 次辨識信心度	89	72	96	100	84
第 2 次辨識信心度	98	100	68	99	78
第 3 次辨識信心度	99	75	87	100	96
第 4 次辨識信心度	80	100	95	51	99
第 5 次辨識信心度	91	98	100	58	100
第 6 次辨識信心度	71	99	93	70	100
第 7 次辨識信心度	100	100	98	82	100
第 8 次辨識信心度	72	100	97	53	100
第 9 次辨識信心度	96	100	98	85	100
第 10 次辨識信心度	100	100	100	99	100



圖二十八: 回收垃圾在綠色 PP 背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響, 自行繪製

藍色 PP 板當背景訓練

次序\回收垃圾種類	養樂多	牛奶盒	ab 優格	原萃	紙盒
第 1 次辨識信心度	98	97	93	94	89
第 2 次辨識信心度	100	100	75	100	100
第 3 次辨識信心度	87	95	82	94	97
第 4 次辨識信心度	90	77	96	98	92
第 5 次辨識信心度	100	85	90	100	89
第 6 次辨識信心度	50	93	88	100	99
第 7 次辨識信心度	75	100	94	100	100
第 8 次辨識信心度	97	94	80	100	93
第 9 次辨識信心度	98	50	85	99	97
第 10 次辨識信心度	100	98	80	95	96



圖二十九: 回收垃圾在藍色 PP 背板下的 Teachable machine 模型訓練對 AI 模型辨識度的影響, 自行繪製  
 小結: 藉由這次實驗數據歸納整理發現, 紅色背板下, 各式回收垃圾的 AI 模型訓練辨識度都很高, 我們發現當背板的顏色與回收垃圾的顏色呈對比色時, 回收垃圾的特徵會較為突出, 辨識準確度相當高, 相對的, 當回收垃圾的顏色和背景相同的話, 回收垃圾特徵就不明顯, 容易造成辨識上的誤差。

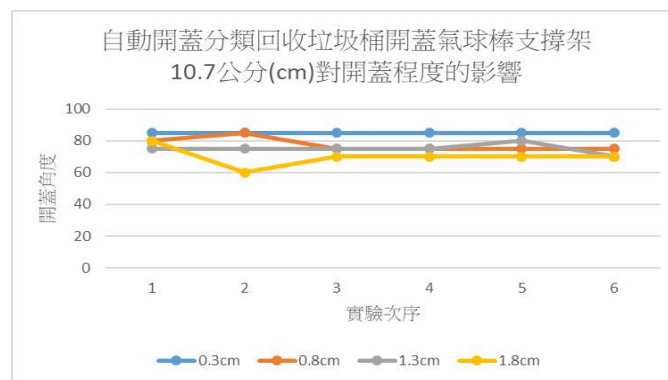
五、實驗五: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。

伺服馬達舵片裝設 10.7cm 汽球棒，在距紙箱頂端 0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm，進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響	
操縱變因	距紙箱頂端距離 0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm
控制變因	自動開蓋垃圾桶 伺服馬達舵片裝設 10.7cm 汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

實驗記錄:

自動開蓋分類回收垃圾桶開蓋氣球棒支撐架 10.7 公分(cm) 距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響						
伺服馬達距離頂端長度\實驗次序	1	2	3	4	5	6
0.3cm	85°	85°	85°	85°	85°	85°
0.8cm	80°	85°	75°	75°	75°	75°
1.3cm	75°	75°	75°	75°	80°	70°
1.8cm	80°	60	70°	70°	70°	70°



圖三十:回收垃圾桶開蓋氣球棒支撐架 10.7 公分(cm) 距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響，自行繪製  
 小結：藉由這次圖三十的實驗數據發現，距紙箱頂端距離 0.3cm 的開蓋角度皆為 85 度，與紙箱頂端距離 0.8cm、1.3cm、1.8cm 的開蓋角度比較，都較為穩定且開蓋角度較大，因此伺服馬達開孔距離紙箱頂端距離越近，AI 回收垃圾辨識自動開蓋垃圾桶可以開啟的角度越大。

六、實驗六: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。

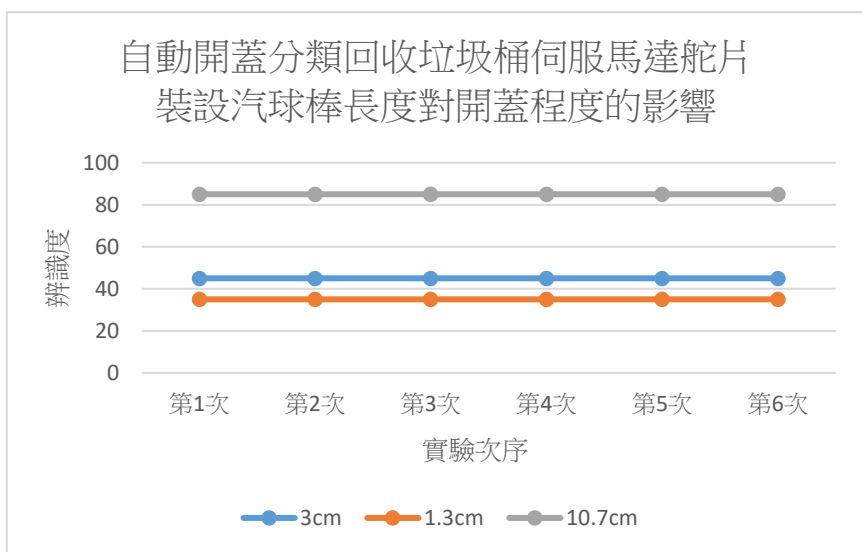
伺服馬達舵片裝設 10.7cm、3cm、1.3cm 汽球棒，在距紙箱頂端 0.3cm，進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響

操縱變因	伺服馬達舵片裝設 10.7cm、3cm、1.3cm 汽球棒
控制變因	自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端 0.3cm 伺服馬達舵片裝設汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

實驗記錄:

自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響						
伺服馬達舵片裝設汽球棒長度\實驗次序	1	2	3	4	5	6
3cm	45°	45°	45°	45°	45°	45°
1.3cm	35°	35°	35°	35°	35°	35°
10.7cm	85°	85°	85°	85°	85°	85°



圖三十一: 自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響, 自行繪製

小結: 由實驗數據可知, 10.7cm 汽球棒帶動自動開蓋垃圾桶的開蓋角度最大。

七、實驗七: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響。

在距紙箱頂端 0.3cm, 伺服馬達裝設 10.7cm 汽球棒、冰棒棍、鋁棒對開蓋程度的影響, 進行實驗。

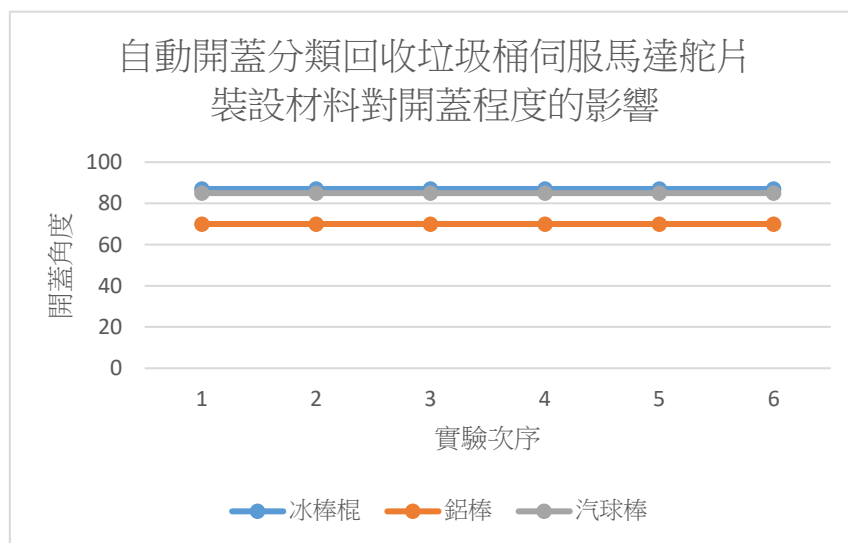
探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響	
操縱變因	伺服馬達舵片裝設 10.7cm 汽球棒、冰棒棍、鋁棒



控制變因	自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端 0.3cm 伺服馬達舵片裝設 10.7cm 材料 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

實驗紀錄:

自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響						
伺服馬達舵片裝設材料實驗次序	1	2	3	4	5	6
冰棒棍	87°	87°	87°	87°	87°	87°
鋁棒	70°	70°	70°	70°	70°	70°
汽球棒	85°	85°	85°	85°	85°	85°



圖三十二: 自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響，自行繪製

小結：由實驗數據可知帶動軸材料為鋁棒、汽球棒與冰棒棍的開蓋角度都很大，但可能因鋁棒較重導致開蓋角度略小於其他二種材料，而在實驗中發現冰棒棍因前端有圓弧形導角，所以在垃圾桶開關蓋中比汽球棒更加順暢。

八、實驗八: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶在 1000 張回收垃圾 Epoch80 時訓練 AI 模型對自動開蓋程度的影響。

利用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，修改部分校園常見回收垃圾品項，探討最佳的回收垃圾 AI 模型訓練進行各式回收垃圾辨識開啟回收垃圾桶的實驗。

實驗八名稱	運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，修改部分校園常見回收垃圾品項，探討最佳的回收垃圾 AI 模型訓練，結合機電整合做成完整辨識的 AI 辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶程式系統	
實驗目的: 探討最佳的回收垃圾 AI 模型訓練，結合機電整合，進行各式回收垃圾辨識度的實驗	控制變因	紅 PP 背板 AI 模型(1000 張 Epoch80) 自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端 0.3cm 伺服馬達舵片裝設 10.7cm 材料 測量器具 程式設計設計塑膠類開蓋
	應變變因	自動開蓋垃圾桶是否開蓋

實驗紀錄:

運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾 AI 模型訓練，結合機電整合做成完整辨識的 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶程式系統										
回收垃圾種類 \ 次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
養樂多	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
Ab 優格	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
原萃	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
舒跑	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類
巧克力牛奶	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類

運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾 AI 模型訓練，結合機電整合做成完整辨識的 AI 辨識回收垃圾自動開蓋回收垃圾桶程式系統										
回收垃圾種類 \ 次序	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
養樂多	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠

	類	類	類	類	類	類	類	類	類	類
Ab 優格	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
原萃	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
舒跑	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類
巧克力牛奶	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類



圖三十三: RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，自行拍攝

九、實驗九:探討 RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶應用在日常生活的可行性

運用實驗八的研究成果，嘗試運用市面上的垃圾桶進行改造，我們成功利用雷切機將垃圾桶蓋切除多餘部分，並利用美工刀進行伺服馬達位置開孔，在匯入回收垃圾訓練好的 AI 模型後，藉由程式設計控制垃圾桶開啟正確的回收桶蓋子，如圖三十三，程式如圖三十四、實際成品如圖三十五，達到正確回收的目的，在 RFID 的部分上，運用了雲端積點功能，在各班級內安裝自動開蓋垃圾桶，每辨識一次，會在 GOOGLE 試算表上增添一筆數據，如圖三十六，而使用統計表，觀察每班的使用數據，進行數據自動統計，如圖三十七，再設計一個獎勵措施，規定回收次數到達標準以上，可以獲得獎勵，這樣相信可以增加可回收垃圾回收率，可以讓校園垃圾分類不確實的情形減緩，也可以減少因回收不確實造成海洋廢棄物的增加，為世界盡一份小小的心力。



圖三十四:RFID 垃圾桶完整程式，自行拍攝

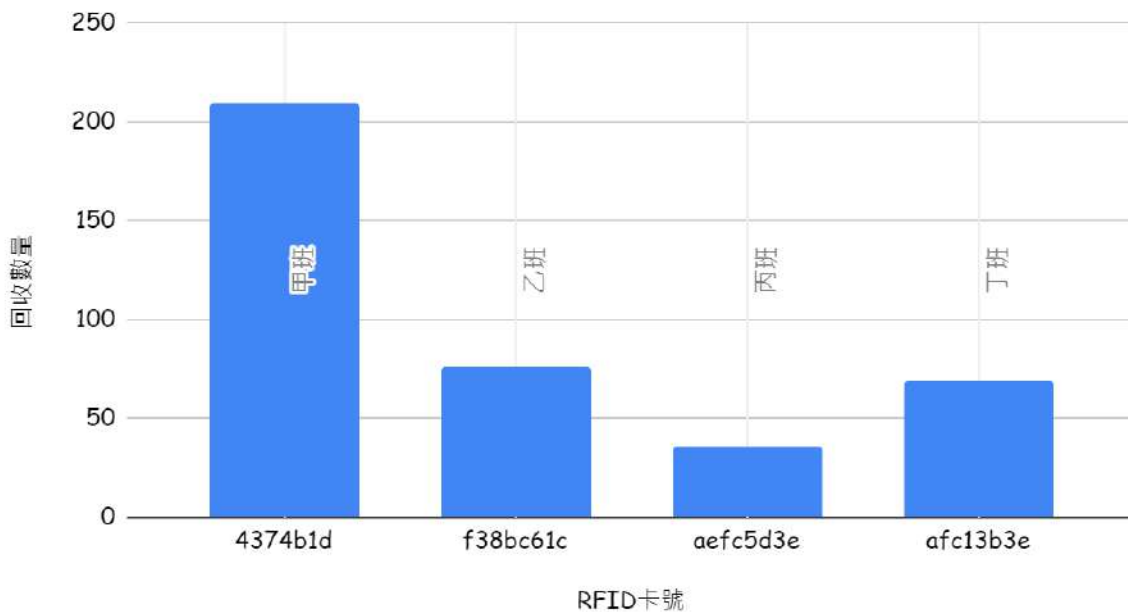


圖三十五:實際應用成品，自行拍攝

	A	B	C	D	E	F	G
32	2024/05/23 9:06:20		紙類垃圾2				
33	2024/05/23 9:46:34	4374b1d	紙類垃圾2			四班回收垃圾雲端自動統計表	
34	2024/05/23 9:46:37	4374b1d	紙類垃圾2		RFID卡號	班級	數量
35	2024/05/23 9:46:42	4374b1d	紙類垃圾2		4374b1d	甲班	210
36	2024/05/23 9:46:45	4374b1d	紙類垃圾2		f38bc61c	乙班	76
37	2024/05/23 9:46:53	aefc5d3e	紙類垃圾2		aefc5d3e	丙班	36
38	2024/05/23 9:46:57	aefc5d3e	紙類垃圾2		afc13b3e	丁班	69
39	2024/05/23 9:47:01	aefc5d3e	紙類垃圾2				
40	2024/05/23 9:47:04	aefc5d3e	紙類垃圾2				
41	2024/05/23 9:47:11	aefc5d3e	塑膠垃圾1				
42	2024/05/23 9:47:15	aefc5d3e	紙類垃圾2				
43	2024/05/23 9:47:26	afc13b3e	紙類垃圾2				
44	2024/05/23 9:47:30	afc13b3e	紙類垃圾2				
45	2024/05/23 9:47:50	afc13b3e	紙類垃圾2				
46	2024/05/23 9:47:54	afc13b3e	紙類垃圾2				
47	2024/05/23 9:48:02	4374b1d	紙類垃圾2				
48	2024/05/23 9:48:09	4374b1d	紙類垃圾2				
49	2024/05/23 9:53:27	aefc5d3e	塑膠垃圾1				

圖三十六:雲端各班回收垃圾數據統計、自行拍攝

四班回收垃圾雲端自動統計圖



圖三十七: 雲端各班回收垃圾數據統計圖，自行繪製

### 柒、數據小結

在實驗中，我們進行了 20 次回收垃圾辨識開蓋實驗。結果顯示，RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶的正確率極高。在不同光源和背景條件下，模型均能準確識別垃圾種類並開啟相應的垃圾桶蓋。

## 捌、討論和檢討

一、Teachable Machine 模型訓練時，各種 Epoch 值在一開始實驗時，辨識度一直是 100%，經由與老師及專家討論後才發現，必須是訓練張數很多時，Epoch 值才會影響辨識信心度。

二、依據 63 屆科展 AI 人臉辨識智慧居家門禁系統中，環境亮度光源值對人臉辨識是有影響的，但是經由實驗二的數據發現 AI 在辨識垃圾的類別時，環境亮度對辨識信心度是沒有影響的，但是因為使用的 AI 鏡頭不一樣，需要再更深入的探討其差異性，是否會造成影響？

## 玖、生活運用

我們的研究成果表明，RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，在校園、公共場所和家庭中具有廣泛的應用前景。這項技術不僅能提高垃圾分類的準確性，且能提升校園回收垃圾的意願，還能減少人與垃圾桶的接觸，從而降低細菌和病毒的傳播風險，對環境保護和公共衛生具有重要意義，更能進一步為世界減廢盡一份心力。

## 拾、結論

一、RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，以紅色背板為背景進行 1000 張回收垃圾、Epoch 值 80 的影像訓練，其特徵值較突出，辨識度最高，為最佳 AI 模型。

二、RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，機電整合部分，伺服馬達距頂端 0.3cm，帶動軸 10.7cm 的冰棒棍，具最佳開啟效果。

三、加入 RFID 雲端積點功能與獎勵制度的 RFID 雲端自動積點 AI 辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，能更有效提高校園回收垃圾量和減少傳染病的風險。

## 拾壹、未來展望

未來希望將回收垃圾 AI 模型的辨識種類訓練到涵蓋市面上大部分的瓶罐，尤其是校園內常見的種類，並且繼續開發機電整合部分，包括自動壓縮與便利打包，讓更多校園與班級使用這套設備，讓我們更加容易達到 SDGs14、15 的目標，為地球盡一份心力。

## 拾貳、參考文獻

1. 臺北市大同區日新國民小學。陳意姍、謝采育、馮玟慈、楊曜丞、邱彥嘉、施珍妍。「瓶分」秋色大對決！瓶罐分類系統的探究與實作。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。

2016。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080829.pdf>

2. 香港創科展 2021-2022 入圍作品：公眾智能垃圾桶。取自

<https://www.youtube.com/watch?v=aBrng7S95HU>

- 3.韓國自動分類垃圾桶。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=o4aQPvk7V9A>
- 4.智慧垃圾桶實用度。取自 <https://tw.news.yahoo.com/智慧-垃圾桶-經驗-020012002.html>
- 5.美國專家研發出的機械手臂分類垃圾桶。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=qSI22-A8dMA>
- 6.Bin-e－全球最聰明的垃圾桶。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=LJYWRTRJThY>
- 7.智慧垃圾桶管理系統| 人工智慧公司。取自 [https://youtu.be/v5WrG-M9B\\_Y?si=hi4PBz89VQ\\_m76Ah](https://youtu.be/v5WrG-M9B_Y?si=hi4PBz89VQ_m76Ah)
- 8.智能回收套件。取自 [https://kittenbothk.readthedocs.io/en/latest/Kits/ai\\_recycle/intro.html](https://kittenbothk.readthedocs.io/en/latest/Kits/ai_recycle/intro.html)
- 9.填不滿的垃圾桶！會自動「吃掉」垃圾的回收系統。取自 <https://youtu.be/gpO0OmROn3M?si=-U1BXNnGeGf3Y02r>
- 10.先進的瑞典回收地下道。取自 <https://youtu.be/N0gLKMgnalg>
- 11.韓國的回收垃圾桶，會自動分類。取自 <https://www.storm.mg/lifestyle/442679>
12. 新北市立林口高級中學。李丞揚、牟代君、葉建德。基於深度學習卷積神經網路的垃圾分類裝置研究。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-052508.pdf>
13. 新北市私立南山高級中學。詹利農、詹鈞翔、林宏洋。雲端監看環保垃圾桶。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-052309.pdf>
- 14.《AI 技術在垃圾分類中的應用》。環境科學。2021。
- 15.Teachable Machine 官網：<https://teachablemachine.withgoogle.com/>
- 16.Pixetto AI 鏡頭技術說明：<https://pixetto.ai/>
- 17.環保署《資源回收分類指南》。2020。
- 18.科技與生活-人工智慧常用技術簡介。洪文斌。中台山月刊 249 期。取自 <https://www.ctworld.org.tw/monthly/249/t01.htm>

## 【評語】 082801

本作品同學們運用人工智慧技術(影像辨識)分類垃圾，結合機電整合和物聯網技術，設計出一個智能化的垃圾分類系統。選題貼近生活，實驗方法具科學精神。同學們還加入了 RFID 雲端積點功能，增加使用者的回收動機。本案具生活實用價值。

對於本作品未來的精進，有以下的建議：

1. 實際應用上，若將每個垃圾分別放置好再辨識，是否太過費時？
2. 建議加強應用性的說明與針對實際應用的簡易性做一些精進設計。
3. 未來可進一步探討系統在不同環境下的穩定性，以及如何推廣到更大規模使用。



## 作品簡報

RFID 雲端自動積點

AI 辨識回收垃圾

自動開蓋垃圾桶



## 摘要

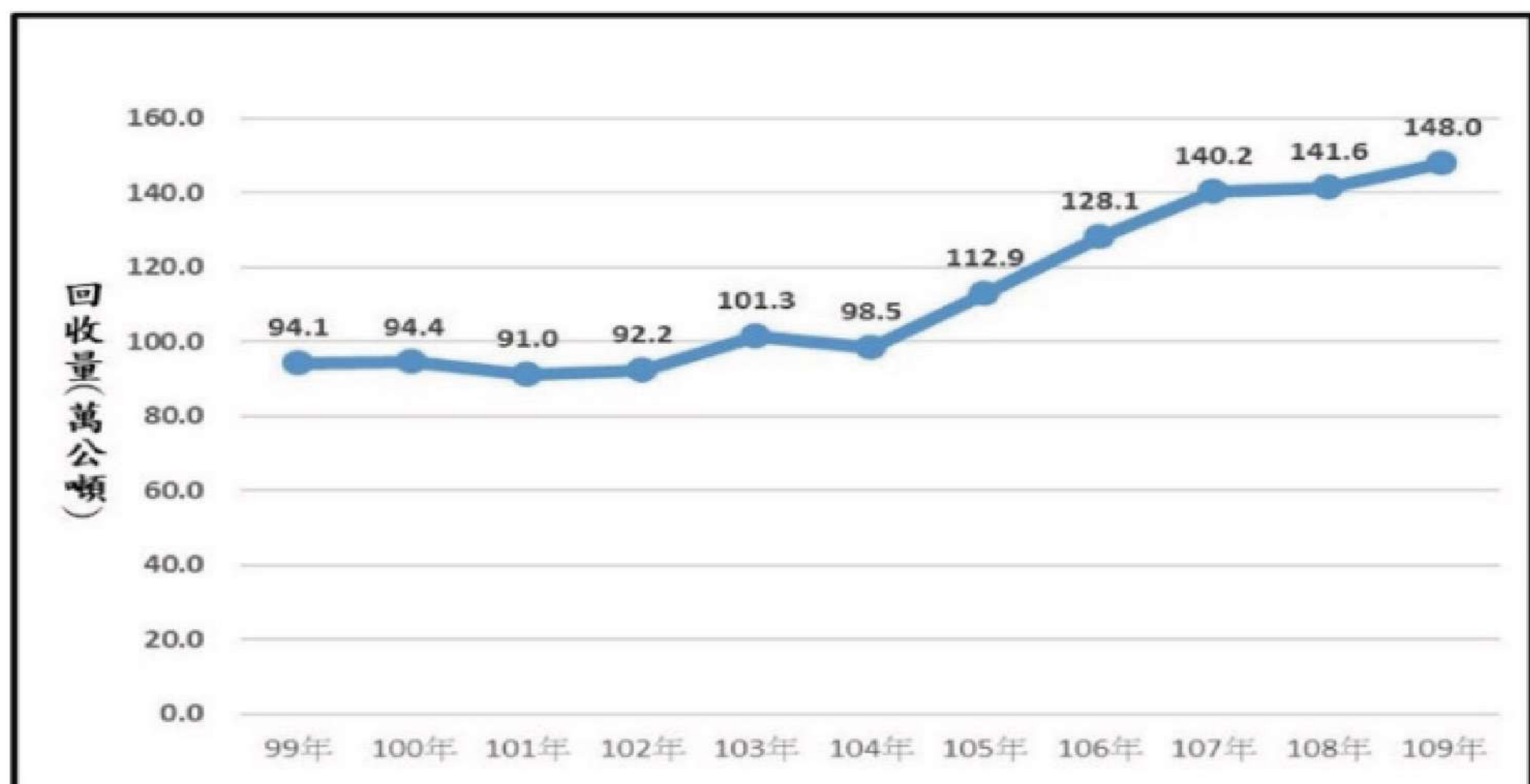
本研究主題是RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，為了改善校園環境垃圾分類不確實，減少海洋垃圾的污染，同時又可減少人與垃圾接觸的機會，降低細菌、病毒的傳播風險。RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶結合了人工智慧影像辨識和機電整合自動控制與IoT技術，透過程式設計實現整體功能。

本研究利用課程所學，將2種類型的回收垃圾以不同數量、光源值等來進行AI模型訓練，探究最佳辨識模型，並將訓練好的模型上傳到Pixetto AI鏡頭上，透過AI鏡頭進行回收垃圾影像分類辨識判斷，並透過程式驅動馬達開啟正確分類回收垃圾桶蓋，將辨識數據藉由IoT上傳雲端，達到垃圾分類更準確且減少人與垃圾桶接觸的機會，希望藉由獎勵制度有效地提升分類回收垃圾量、降低海洋廢棄物數量並達到研究目標。

## 壹、研究動機

相信大家曾看到或聽聞「海龜把塑膠袋吃進肚子裡、鯨魚體內發現了重達800公斤的塑膠垃圾...」等新聞，每每聽到這類消息總令人既驚訝又難過。若是我們無法將可再回收之垃圾分類確實且再次、多加利用，便會對大環境造成破壞、海洋生物也遭受嚴重的危害。然而在學校、街道上，經常可看到滿地的垃圾或是可回收之垃圾被當作一般垃圾丟棄，讓大家真是一個頭兩個大，所以我們想把在運算思維課程學到的知識運用在生活中來解決這類的問題。

我國歷年的垃圾回收率雖然有逐年提高，但每年的成長率增長的幅度卻逐漸趨於緩和，如(圖一)，這顯示我們在垃圾回收的部分已遇到瓶頸。為了能達到聯合國宣布的「2030永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)中14號保育海洋生態與第15號保育陸域生態的目標，我們該如何能將可回收垃圾更準確且有效地分類呢？



圖一：台灣歷年垃圾回收率與垃圾回收增長率圖，環境部 (99年—109年)

## 貳、研究目的

- 一、探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響。
- 二、探討環境亮度對AI模型辨識度的影響。
- 三、探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響。
- 四、探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響。
- 五、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達，距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。
- 六、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達，舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。
- 七、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達，舵片裝設材料對開蓋程度的影響。
- 八、探討自動開蓋分類回收垃圾桶在1000張回收垃圾Epoch80時，訓練AI模型對自動開蓋程度的影響。
- 九、探討RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋回收垃圾桶應用在日常生活的可行性。

## 肆、研究設備及器材 (圖片皆自行拍攝)



## 伍、研究過程及方法

### (一) 研究過程

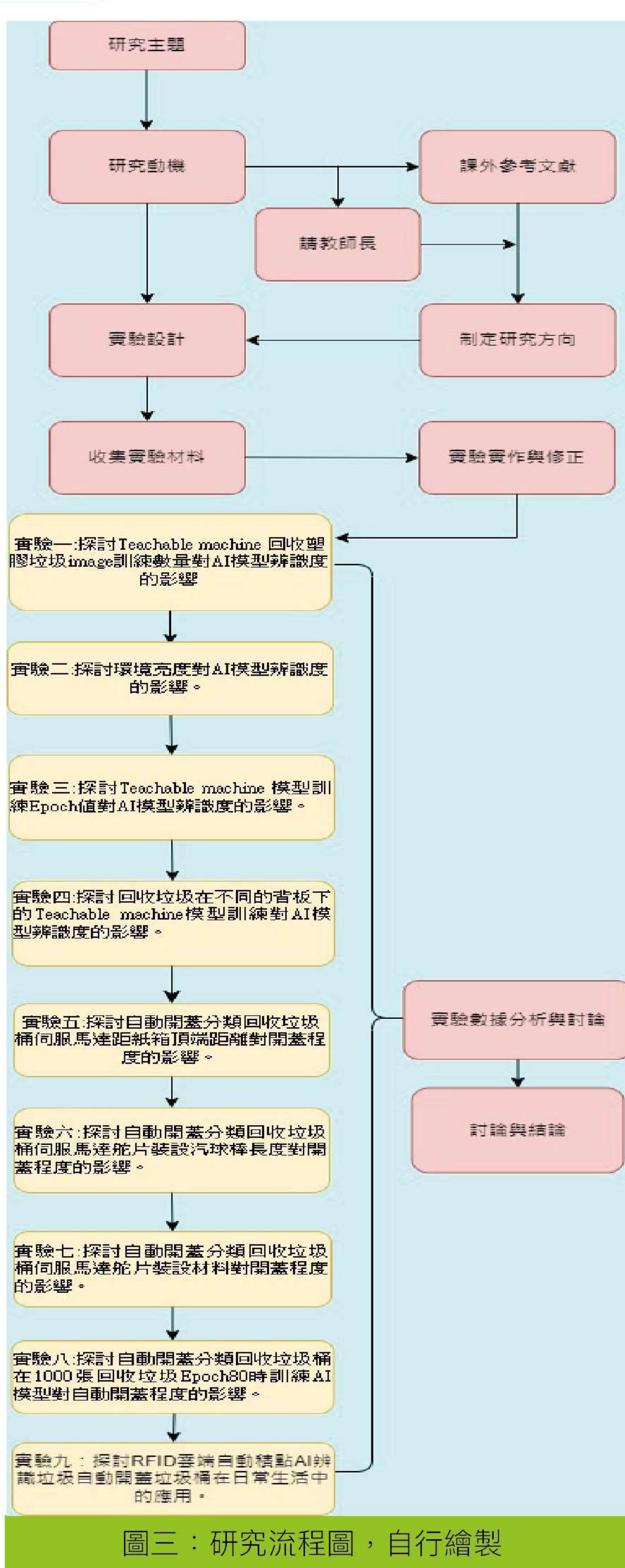
- ◆準備工作  
收集2種類型的回收垃圾樣本(如：塑膠瓶、紙類)。使用Teachable Machine進行影像數據收集和模型訓練。
- ◆模型訓練  
將收集到的影像數據導入Teachable Machine進行訓練，調整參數(如光源值、Epoch值、背板等)。優化模型以達到最佳辨識效果。
- ◆模型部署  
將訓練好的模型上傳到Pixetto AI鏡頭做訓練。配置AI鏡頭以進行實時垃圾分類辨識。
- ◆自動控制  
通過程式驅動伺服馬達，實現垃圾桶蓋的自動開啟。根據AI鏡頭的辨識結果，自動打開相應的垃圾桶蓋。

### (二) 研究架構設計

- ◆AI模型訓練參數  
訓練數據及數量：不同數量的樣本進行比較。  
光源條件：在不同光源下進行訓練。  
Epoch值：調整訓練的迭代次數。  
背板條件：在不同背景條件下進行訓練。
- ◆測試環境  
在不同光源和背景下進行測試，評估模型的穩定性和準確性。
- ◆資料分析  
收集並分析在各種實驗條件下的辨識準確度。  
找出最佳模型並進行優化。

### (三) 研究流程圖

- ◆資料收集與準備
- ◆AI模型訓練
- ◆模型上傳與部署
- ◆實驗測試與數據收集
- ◆數據分析與優化

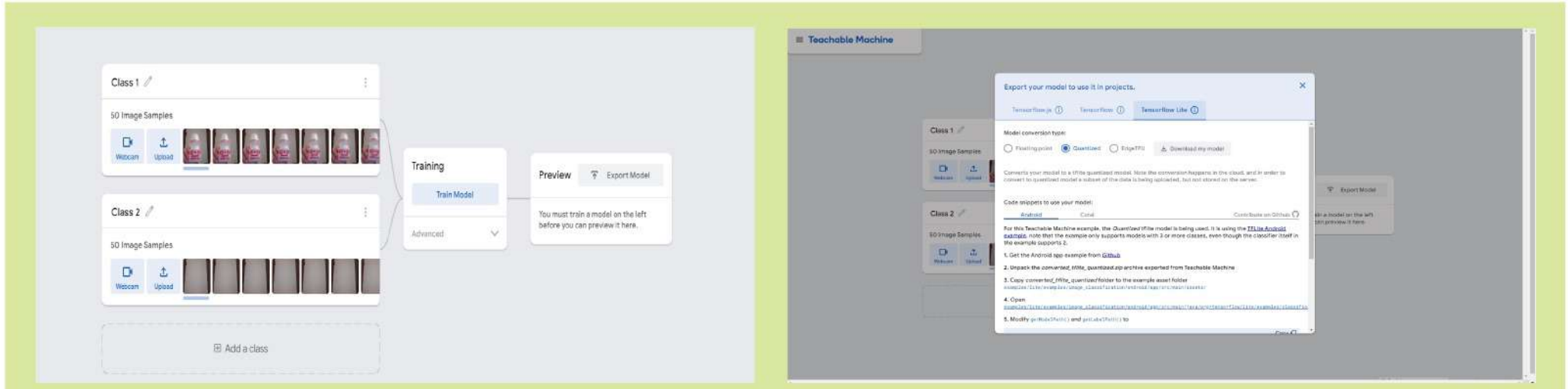


圖三：研究流程圖，自行繪製

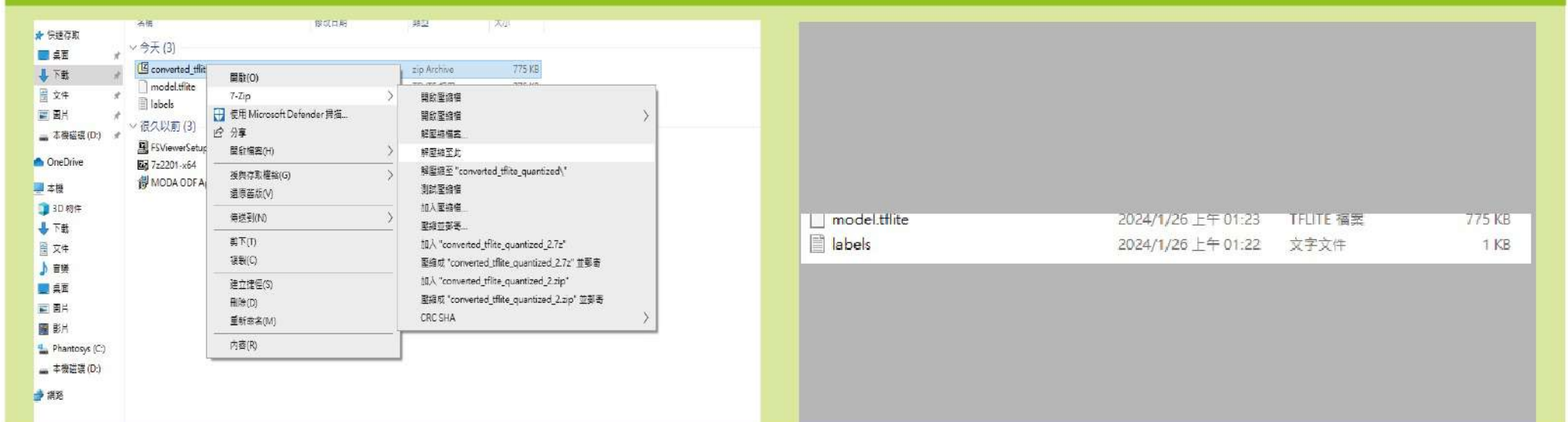
## 四、實驗步驟

### (一)、AI模型部分：

- 步驟一: Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練，如圖四。
- 步驟二: 訓練模型下載，如圖五、圖六、圖七。
- 步驟三: 訓練模型上傳Pixetto鏡頭，如圖八、圖九、圖十、圖十一。
- 步驟四: 利用pixutils軟體進行Pixetto鏡頭模型辨識度監看，如圖十二。



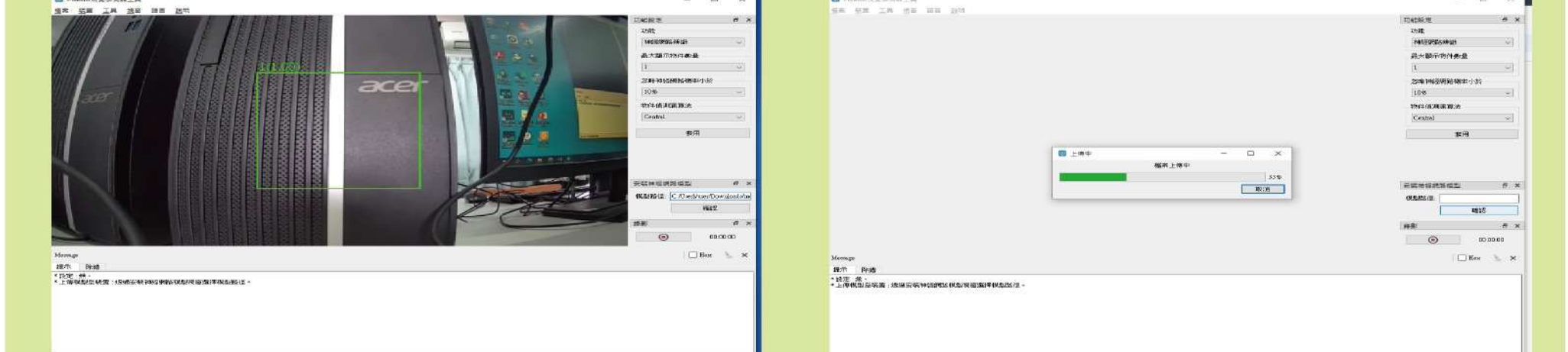
圖四: Teachable machine 影像模型訓練，自行拍攝  
圖五: Teachable machine 訓練完影像模型下載，自行拍攝



圖六: Teachable machine image train解壓縮，自己拍攝  
圖七: Teachable machine image train解壓縮完成，自行拍攝



圖八: 打開pixutils，自行拍攝  
圖九: 選擇模型路徑，自行拍攝



圖十: 連接pixutils鏡頭，自行拍攝  
圖十一: 按下確認，自行拍攝



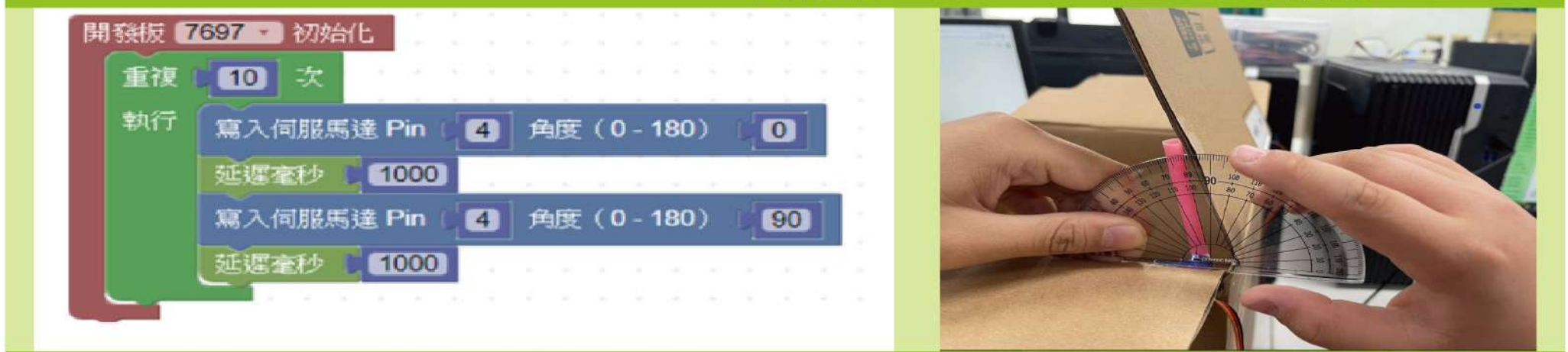
圖十二: 辨識信心度，自行拍攝

### (二)、機電整合部分：

- 步驟一: 測試伺服馬達角度，定位0度、90度與180度，並裝上舵片，如圖十五。
- 步驟二: 紙箱依據實驗條件開洞伺服馬達孔位，如圖十六。
- 步驟三: 裝上伺服馬達與帶動軸材料，如圖十七。
- 步驟四: 編寫程式，如圖十八，量測開蓋角度如圖十九。



圖十五: 伺服馬達角度定位，自行拍攝  
圖十六: 伺服馬達孔位開孔裝設，自行拍攝  
圖十七: 裝上伺服馬達與帶動軸材料，自行拍攝



圖十八: 量測開蓋角度程式，自行拍攝  
圖十九: 測量開蓋角度，自行拍攝

## 陸、研究結果

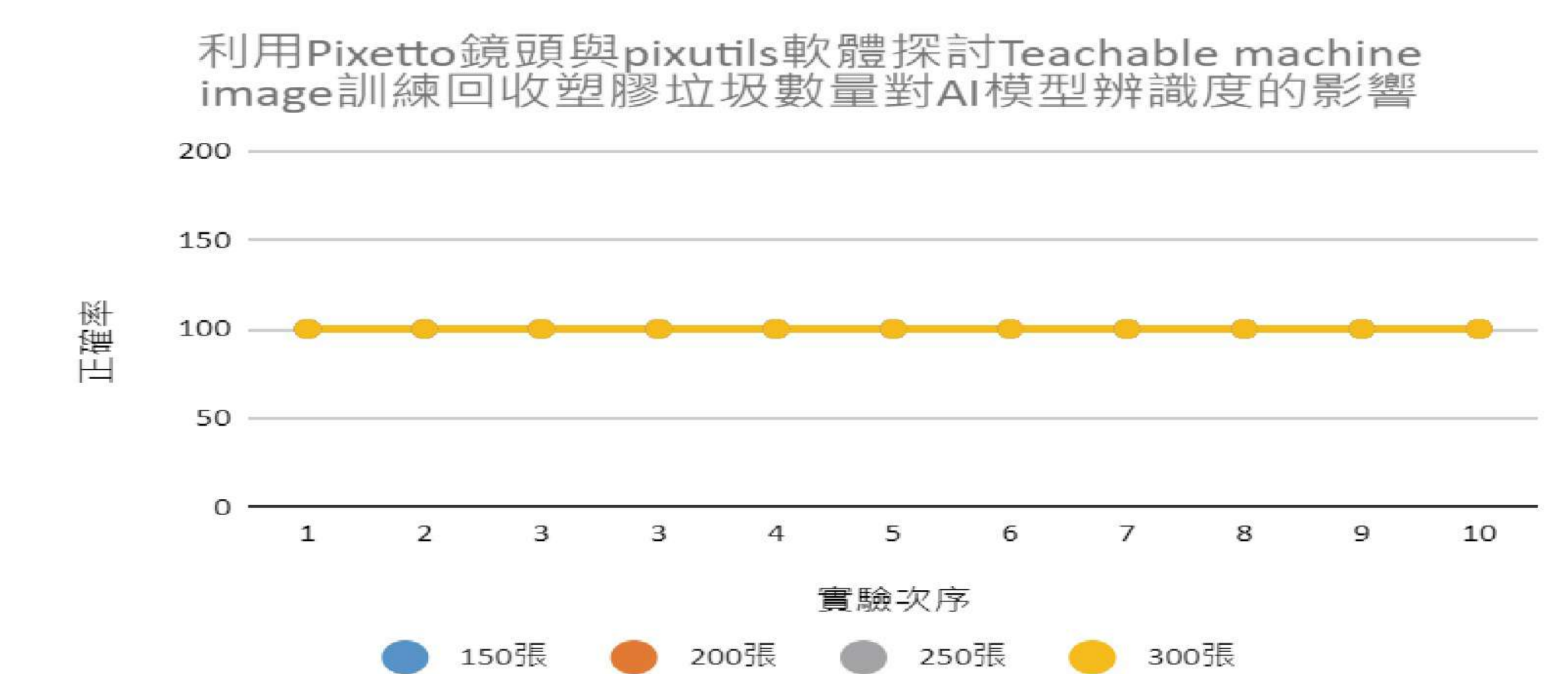
### 一、實驗一: 探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響

運用Teachable machine和桌機之視訊鏡頭，在視訊鏡頭感測亮度200(lux)下進行150、200、250、300張之回收塑膠垃圾訓練，並將訓練好的模型上傳至Pixetto鏡頭，利用pixutils軟體進行訓練模型準確度實驗。

探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響										
實驗目的:	回收塑膠垃圾image訓練數量張數									
控制變因	視訊鏡頭、視訊鏡頭感測亮度200(lux)、背景、回收塑膠垃圾支撐架									
應變變因	AI模型辨識的準確度									

### 實驗記錄:

利用Pixetto鏡頭與pixutils軟體探討Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾數量對AI模型辨識度的影響										
次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
訓練回收塑膠垃圾張數	150張	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	200張	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	250張	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	300張	100	100	100	100	100	100	100	100	100



圖二十: Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾張數數量對AI模型辨識度的影響，自行繪製

### 小結:

由以上實驗我們可以發現當Teachable Machine image訓練張數增加時，準確度也會一起同時提高，並且增加模型準確度。

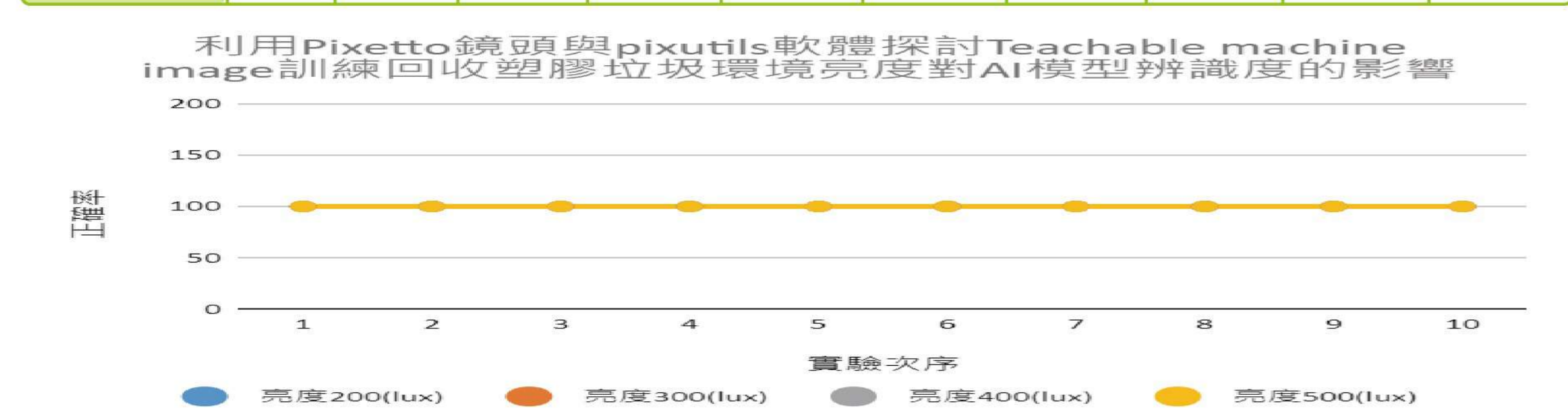
## 二、實驗二: 探討環境亮度對AI模型辨識度的影響

回收塑膠垃圾image訓練數量張數300張, 在環境亮度200、300、400、500(lux)下, 進行實驗。

探討環境亮度對AI模型辨識度的影響	
操縱變因	環境亮度200、300、400、500(lux)
控制變因	視訊鏡頭、回收塑膠垃圾image訓練數量張數背景、回收塑膠垃圾、支撐架
應變變因	AI模型辨識的準確度

實驗記錄:

利用Pixetto鏡頭與pixutils軟體探討Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾環境亮度(lux)對AI模型辨識度的影響										
亮度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
亮度200(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度300(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度400(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度500(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



圖二十一: Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾環境亮度(lux)對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

**小結:**

從實驗數據中, 我們發現**環境亮度(lux)**對AI智慧回收垃圾筒的辨識程度**沒有影響**, 因為許多回收垃圾大多長的相似, AI訓練可以藉由一些特徵(例如半透明、顏色)來辨識垃圾的類別, 但我們發現第63屆國中小學科學裡的生活應用一國小組AI人臉辨識智慧居家門禁系統, 他們的研究結果環境亮度是有差別的, 但因為人臉辨識系統是使用WebAI鏡頭, 我們是使用Pixetto AI鏡頭, 故需再深入探討研究才知道其差異性。

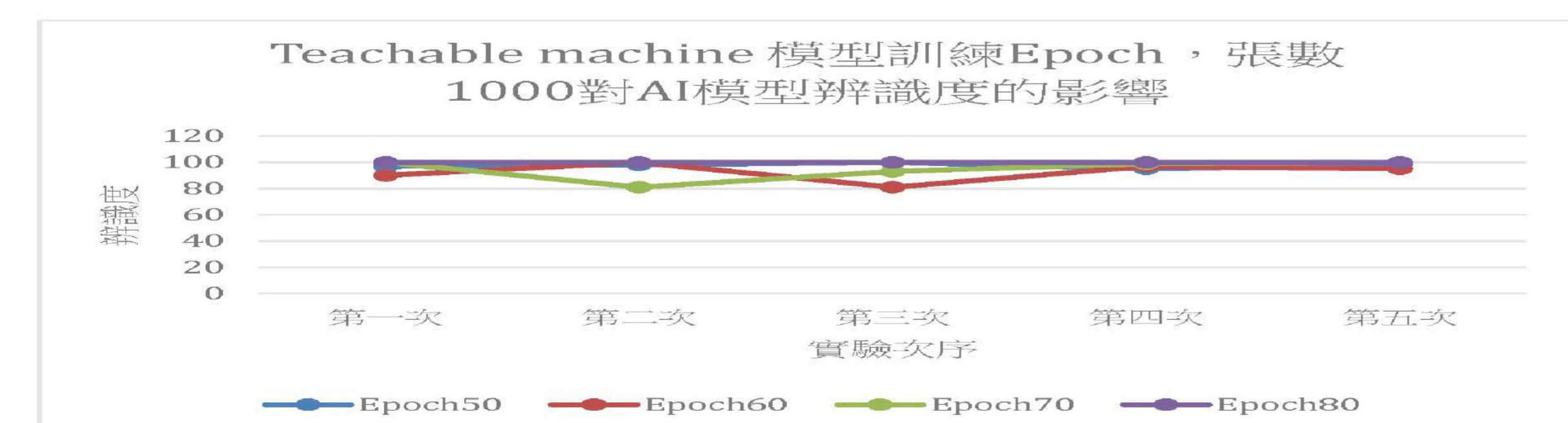
## 三、實驗三: 探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響。

由文獻中得知Epoch值需在訓練張數較多時才有差異, 故在回收塑膠垃圾image訓練數量張數1000張, 調整Epoch值為50、60、70、80, 進行實驗。

探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響	
操縱變因	Epoch值
控制變因	視訊鏡頭、回收塑膠垃圾image訓練數量張數背景、回收塑膠垃圾、支撐架 環境亮度
應變變因	AI模型辨識的準確度

實驗記錄:

Teachable machine 模型訓練Epoch, 張數1000對AI模型辨識度的影響					
實驗次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
Epoch50	97	98	100	95	98
Epoch60	90	100	81	97	95
Epoch70	100	81	93	99	100
Epoch80	100	100	100	100	100



圖二十二: Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

**小結:** 由文獻及實驗結果得知Epoch80時, 1000張訓練數量Epoch80的辨識度都達到100%, 因此, Epoch80為回收垃圾AI模型訓練時的**最佳數值**, **辨識正確率最高**。

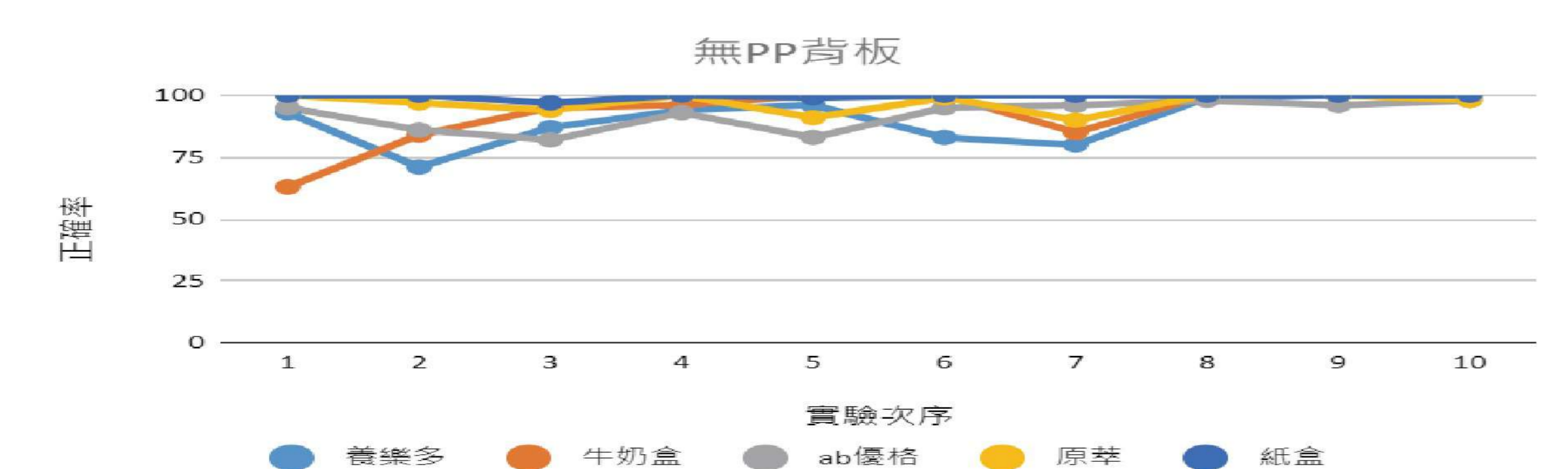
## 四、實驗四: 探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響

利用回收垃圾在無PP背板、黑色PP板、白色PP板、紅色PP板、黃色PP板、綠色PP板、藍色PP板下進行1000張Epoch80模型訓練與實驗。

探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響		
實驗目的: 回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響	操縱變因	不同顏色背板下訓練1000張Epoch80模型
	控制變因	視訊鏡頭、背景、回收垃圾、支撐架、回收垃圾image訓練數量張數
	應變變因	AI模型辨識的準確度

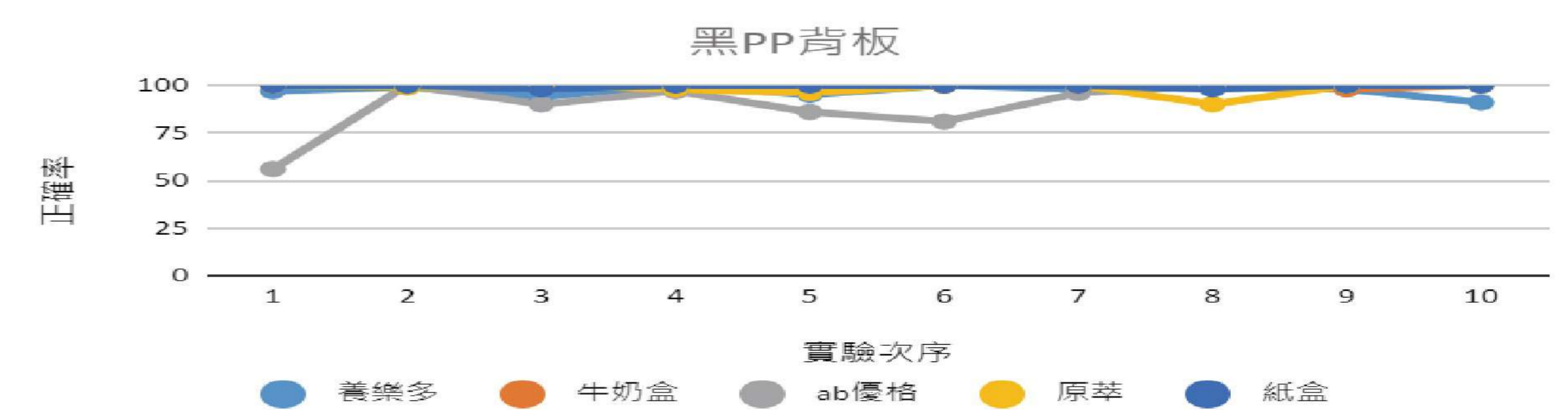
實驗記錄:

無PP板當背景訓練					
	養樂多	牛奶盒	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	93	63	95	100	100
第2次辨識信心度	71	84	86	97	100
第4次辨識信心度	94	96	93	100	100
第5次辨識信心度	96	100	83	91	99
第6次辨識信心度	83	100	95	99	100
第7次辨識信心度	80	85	96	90	100
第8次辨識信心度	99	100	98	100	100
第9次辨識信心度	100	100	96	100	100
第10次辨識信心度	99	100	98	98	100



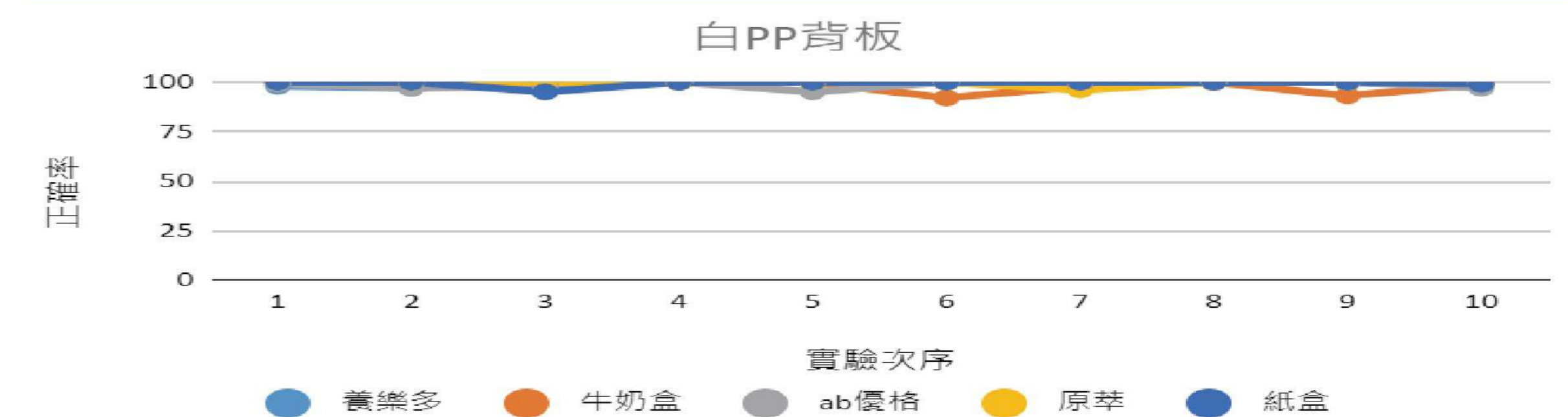
圖二十三: 回收垃圾在無PP背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

黑色PP板當背景訓練					
	養樂多	牛奶盒	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	97	100	56	100	100
第2次辨識信心度	99	100	100	99	100
第3次辨識信心度	94	100	90	100	98
第4次辨識信心度	100	100	97	98	100
第5次辨識信心度	95	100	86	96	100
第6次辨識信心度	100	100	81	100	100
第7次辨識信心度	98	100	96	100	100
第8次辨識信心度	99	100	100	90	98
第9次辨識信心度	98	98	100	100	100
第10次辨識信心度	91	100	100	100	100



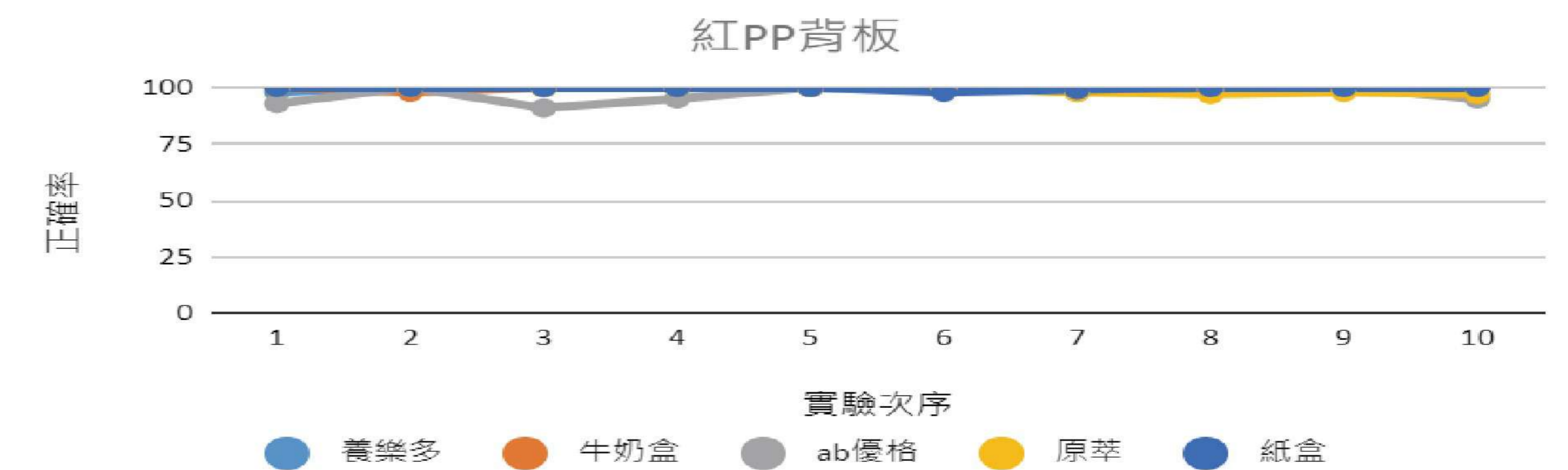
圖二十四: 回收垃圾在黑色PP背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

白色PP板當背景訓練					
	養樂多	牛奶盒	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	98	100	99	100	100
第2次辨識信心度	97	100	97	100	100
第3次辨識信心度	100	100	98	100	95
第4次辨識信心度	100	100	100	100	100
第5次辨識信心度	100	100	95	100	100
第6次辨識信心度	100	92	100	100	100
第7次辨識信心度	100	98	97	96	100
第8次辨識信心度	100	100	100	100	100
第9次辨識信心度	100	93	100	100	100
第10次辨識信心度	100	99	97	100	99



圖二十五: 回收垃圾在白色PP背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

紅色PP板當背景訓練					
	養樂多	牛奶盒	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	98	100	93	100	100
第2次辨識信心度	100	98	100	100	100
第3次辨識信心度	100	100	91	100	100
第4次辨識信心度	100	100	95	100	100
第5次辨識信心度	100	100	100	100	100
第6次辨識信心度	100	100	100	100	98
第7次辨識信心度	100	100	98	98	99
第8次辨識信心度	100	99	99	97	100
第9次辨識信心度	100	100	100	98	100
第10次辨識信心度	100	100	95	97	100



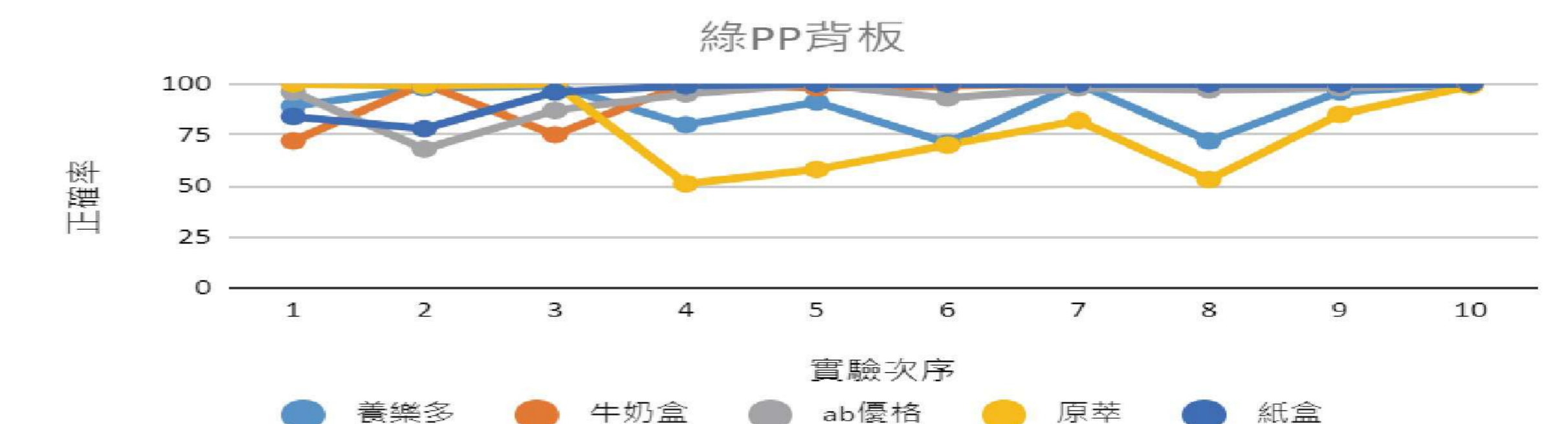
圖二十六: 回收垃圾在紅色PP背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

黃色PP板當背景訓練					
	養樂多	牛奶盒	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	100	100	99	94	100
第2次辨識信心度	100	99	99	82	100
第3次辨識信心度	84	100	84	100	100
第4次辨識信心度	100	100	97	100	100
第5次辨識信心度	100	100	84	100	97
第6次辨識信心度	98	100	92	100	100
第7次辨識信心度	100	100	96	95	100
第8次辨識信心度	98	100	99	99	100
第9次辨識信心度	100	100	100	100	93
第10次辨識信心度	100	100	92	100	100



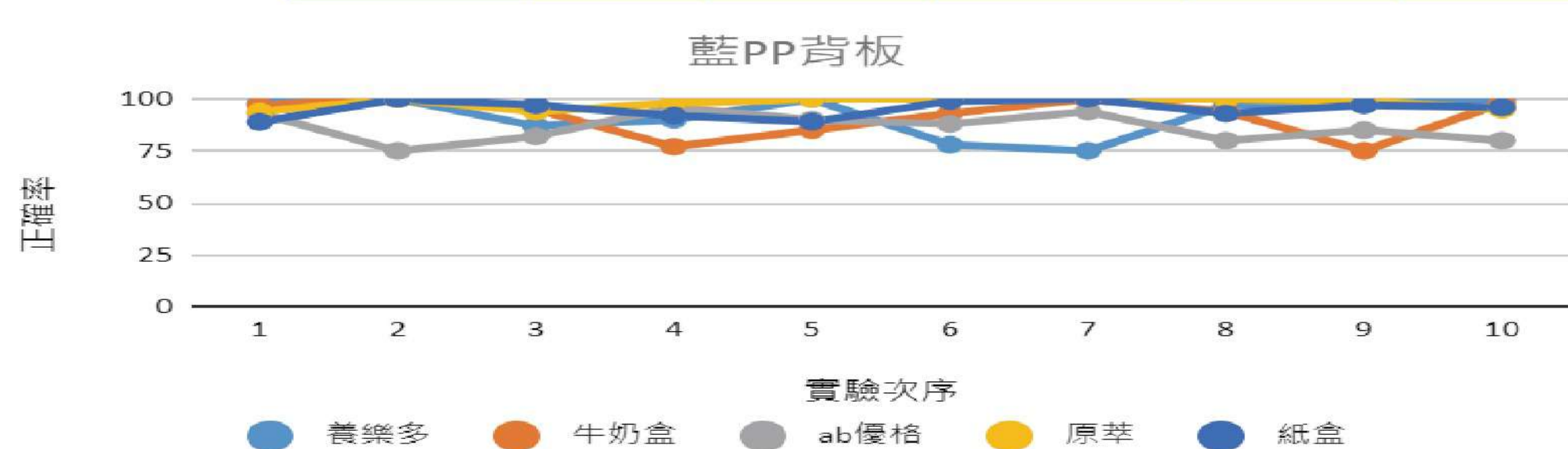
圖二十七: 回收垃圾在黃色PP背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

綠色PP板當背景訓練					
	養樂多	牛奶盒	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	89	72	96	100	84
第2次辨識信心度	98	100	68	99	78
第3次辨識信心度	99	75	87	100	96
第4次辨識信心度	80	100	95	51	99
第5次辨識信心度	91	98	100	58	100
第6次辨識信心度	71	99	93	70	100
第7次辨識信心度	100	100	98	82	100
第8次辨識信心度	72	100	97	53	100
第9次辨識信心度	96	100	98	85	100
第10次辨識信心度	100	100	100	99	100



圖二十八: 回收垃圾在綠色PP背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

藍色PP板當背景訓練					
	養樂多	牛奶盒	ab價格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	98	97	93	94	89
第2次辨識信心度	100	100	75	100	100
第3次辨識信心度	87	95	82	94	97
第4次辨識信心度	90	77	96	98	92
第5次辨識信心度	100	85	90	100	89
第6次辨識信心度	50	93	88	100	99
第7次辨識信心度	75	100	94	100	100
第8次辨識信心度	97	94	80	100	93
第9次辨識信心度	98	50	85	99	97
第10次辨識信心度	100	98	80	95	96



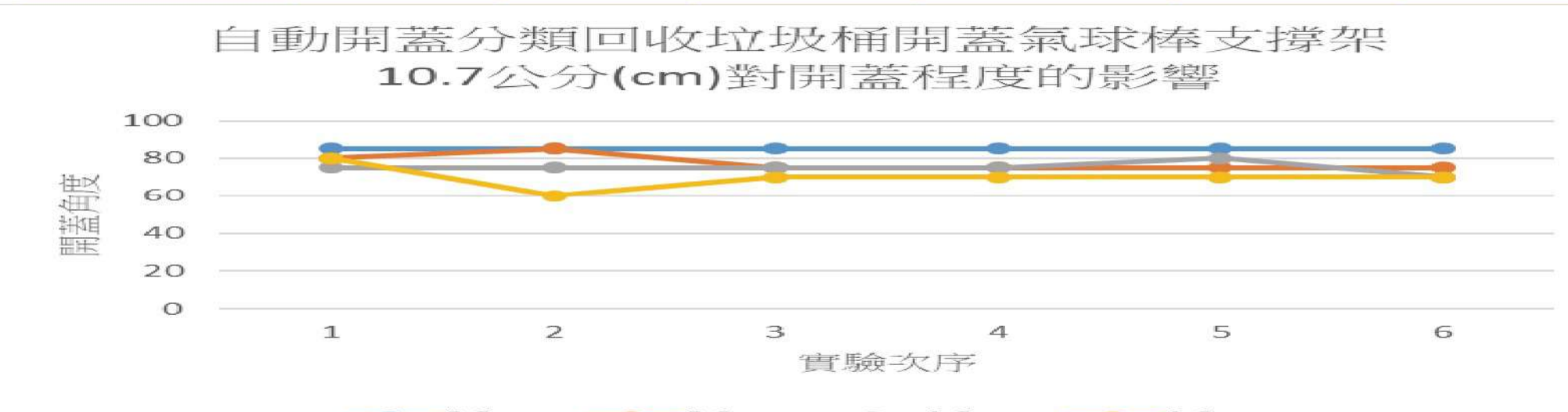
圖二十九: 回收垃圾在藍色PP背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響, 自行繪製

**小結:** 藉由這次實驗數據歸納整理發現, 紅色背板下, 各式回收垃圾的AI模型訓練辨識度都**很高**, 我們發現當背板的顏色與回收垃圾的顏色呈對比色時, 回收垃圾的特徵會較為突出, **辨識準確度相當高**, 相對的, 當回收垃圾的顏色和背景相同的話, 回收垃圾特徵就不明顯, 容易造成辨識上的誤差。

### 五、實驗五: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。

伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒, 在距紙箱頂端0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm, 進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響						
控制變因	自動開蓋垃圾桶、伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒、測量器具					
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度					
實驗記錄:						
自動開蓋分類回收垃圾桶開蓋汽球棒支撐架10.7公分(cm) 距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響						
實驗次序	1	2	3	4	5	6
0.3cm	85°	85°	85°	85°	85°	85°
0.8cm	80°	85°	75°	75°	75°	75°
1.3cm	75°	75°	75°	75°	80°	70°
1.8cm	80°	60°	70°	70°	70°	70°

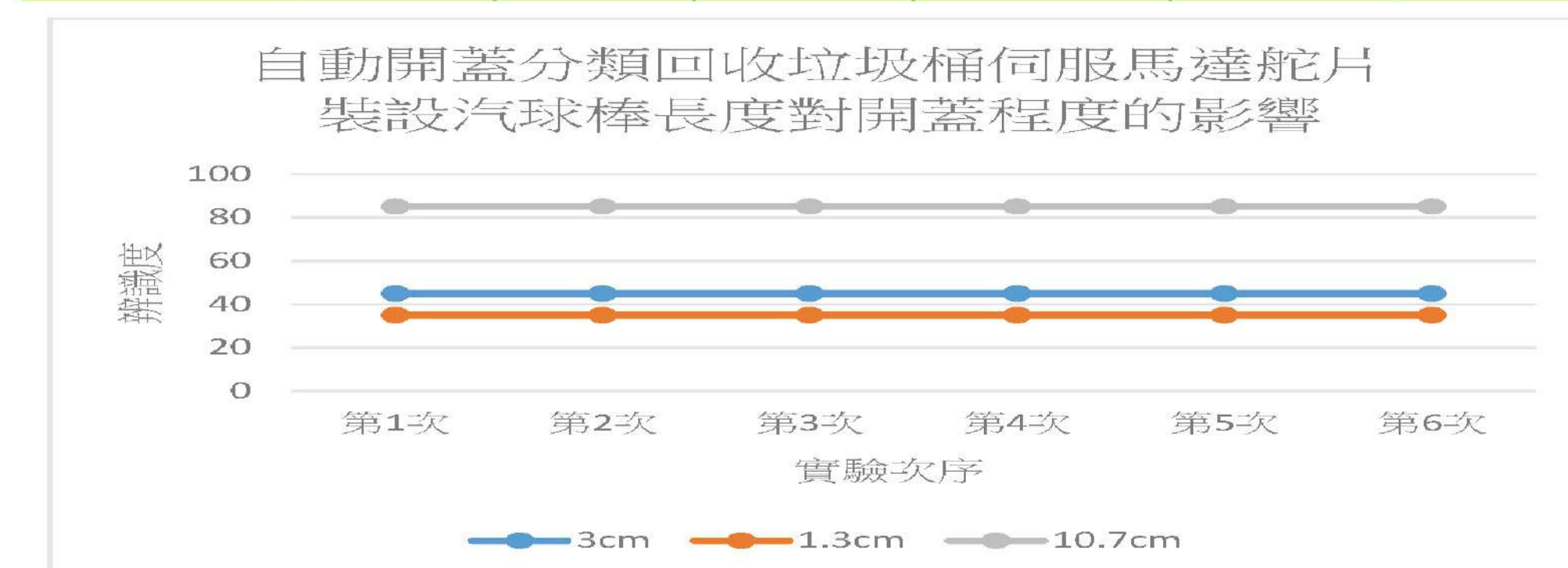


圖三十: 回收垃圾桶開蓋汽球棒支撐架10.7公分(cm) 距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響, 自行繪製

### 六、實驗六: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。

伺服馬達舵片裝設10.7cm、3cm、1.3cm汽球棒, 在距紙箱頂端0.3cm, 進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響						
控制變因	自動開蓋垃圾桶、距紙箱頂端0.3cm、伺服馬達舵片裝設汽球棒、測量器具					
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度					
實驗記錄:						
自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響						
實驗次序	1	2	3	4	5	6
3cm	45°	45°	45°	45°	45°	45°
1.3cm	35°	35°	35°	35°	35°	35°
10.7cm	85°	85°	85°	85°	85°	85°

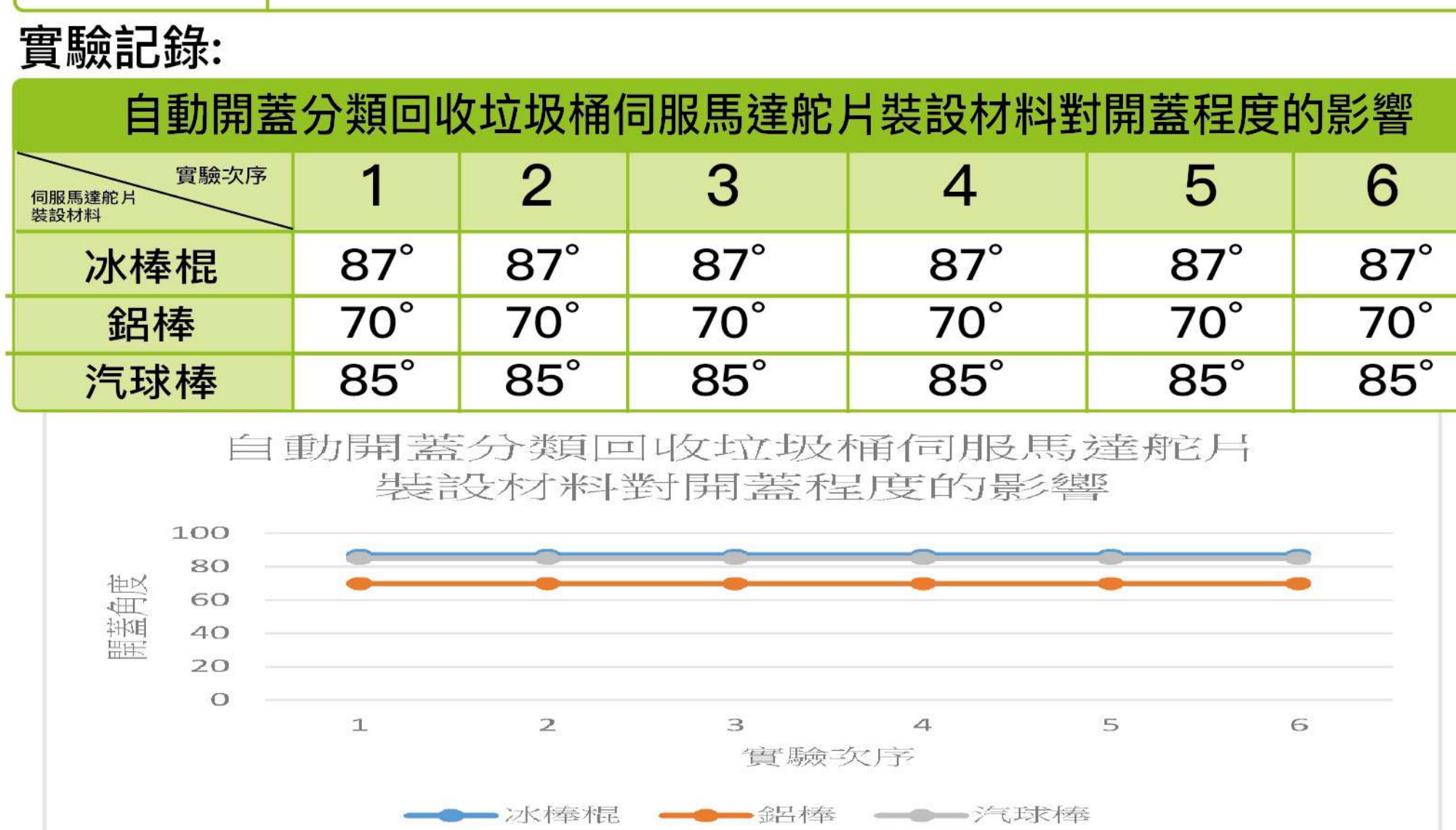


圖三十一: 自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響, 自行繪製

### 七、實驗七: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響。

在距紙箱頂端0.3cm, 伺服馬達裝設10.7cm汽球棒、冰棒棍、鉛棒對開蓋程度的影響, 進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響						
控制變因	自動開蓋垃圾桶、距紙箱頂端0.3cm、伺服馬達舵片裝設10.7cm材料測量器具					
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度					
實驗記錄:						
自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響						
實驗次序	1	2	3	4	5	6
冰棒棍	87°	87°	87°	87°	87°	87°
鉛棒	70°	70°	70°	70°	70°	70°
汽球棒	85°	85°	85°	85°	85°	85°



圖三十二: 自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響, 自行繪製

**小結:** 由實驗數據可知帶動軸材料為鉛棒、汽球棒與冰棒棍的開蓋角度都很大, 但可能因鉛棒較重導致開蓋角度略小於其他二種材料, 而在實驗中發現冰棒棍因前端有**圓弧形導角**, 所以在垃圾桶開蓋中比汽球棒**更加順暢**。

### 八、實驗八: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶在1000張回收垃圾Epoch80時訓練AI模型對自動開蓋程度的影響。

利用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因, 修改部分校園常見回收垃圾品項, 探討最佳的回收垃圾AI模型訓練進行各式回收垃圾辨識開啟回收垃圾桶的實驗。

運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因, 修改部分校園常見回收垃圾品項, 探討最佳的回收垃圾AI模型訓練, 結合機電整合做成完整辨識的AI辨識回收垃圾自動開蓋回收垃圾桶程式系統		
實驗目的: 探討最佳的回收垃圾AI模型訓練, 結合機電整合, 進行各式回收垃圾辨識的實驗	控制變因	紅PP背板 AI模型(1000張Epoch80)、自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端0.3cm、伺服馬達舵片裝設10.7cm材料 測量器具、程式設計設計塑膠類開蓋
	應變變因	自動開蓋垃圾桶是否開蓋

運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因, 探討最佳的回收垃圾AI模型訓練, 結合機電整合做成完整辨識的AI辨識回收垃圾自動開蓋回收垃圾桶程式系統										
回收垃圾種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
養樂多	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
Ab價格	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
原萃	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
舒跑	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類
巧克力牛奶	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類
回收垃圾種類	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
養樂多	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
Ab價格	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
原萃	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類	塑膠類
舒跑	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類
巧克力牛奶	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類	紙類

### 九、實驗九: 探討RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶應用在日常生活上的可行性

運用實驗八的研究成果, 嘗試運用市面上的垃圾桶進行改造, 我們成功利用雷切機將垃圾桶蓋切除多餘部分, 並利用美工刀進行伺服馬達位置開孔, 在匯入回收垃圾訓練好的AI模型後, 藉由程式設計控制垃圾桶開啟正確的回收桶蓋子, 如圖三十三, 程式如圖三十四、實際成品如圖三十五, 達到正確回收的目的, 在RFID的部分上, 運用了**雲端積點功能**, 在各班級內安裝自動開蓋垃圾桶, 每辨識一次, 會在GOOGLE試算表上添添一筆數據, 如圖三十六, 而使用統計表, 觀察每班的使用數據, 進行數據自動統計, 如圖三十七, 再設計一個**獎勵措施**, 規定回收次數到達標準以上, 可以獲得獎勵, 這樣相信可以**增加可回收垃圾回收率**, 可以讓校園垃圾分類不確實的情形減緩, 也可以**減少因回收不確實造成海洋廢棄物**的增加, 為世界盡一份小小的心力。



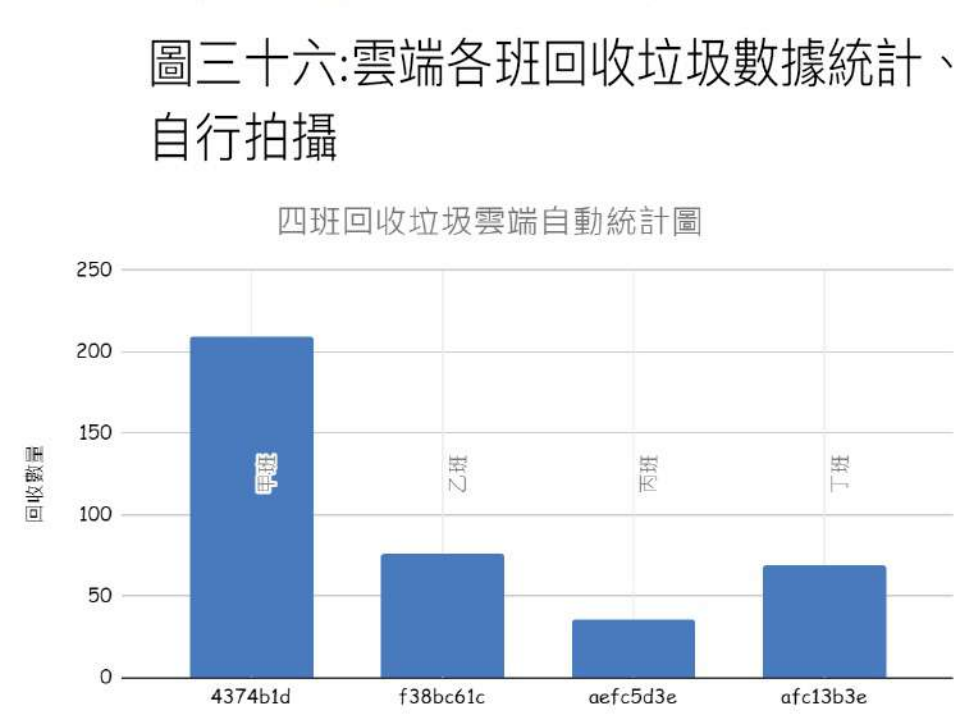
圖三十三: RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶, 自行拍攝



圖三十五: 實際應用成品, 自行拍攝



圖三十四: RFID垃圾桶完整程式, 自行拍攝



圖三十六: 雲端各班回收垃圾數據統計、自行拍攝

圖三十七: 雲端各班回收垃圾數據統計圖, 自行繪製

## 柒、數據小結

在實驗中, 我們進行了20次回收垃圾辨識開蓋實驗。結果顯示, RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶的**正確率極高**。在不同光源和背景條件下, **模型均能準確識別垃圾種類並開啟相應的垃圾桶蓋**。

## 捌、討論和檢討

- 一、Teachable Machine模型訓練時, 各種Epoch值在一開始實驗時, 辨識度一直是100%, 經由與老師及專家討論後才發現, 必須是訓練張數很多時, **Epoch值才會影響辨識信心度**。
- 二、依據63屆科展AI人臉辨識智慧居家門禁系統中, **環境亮度光源值對人臉辨識是有影響的**, 但是經由實驗二的數據發現AI在辨識垃圾的類別時, **環境亮度對辨識信心度是沒有影響的**, 但是因為使用的AI鏡頭不一樣, 需要再更深入的探討其差異性, 是否會造成影響?

## 玖、生活運用

我們的研究成果表明, RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶, 在校園、公共場所和家庭中具有廣泛的應用前景。這項技術不僅能提高垃圾分類的準確性, 且能提升校園回收垃圾的意願, 還能減少人與垃圾桶的接觸, 從而降低細菌和病毒的傳播風險, 對環境保護和公共衛生具有重要意義, 更能進一步為世界減廢盡一份心力。

## 拾、結論

- 一、RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶, 以紅色背板為背景進行1000張回收垃圾、Epoch值80的影像訓練, 其特徵值較突出, 辨識度最高, 為**最佳AI模型**。
- 二、RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶, 機電整合部分, 伺服馬達距頂端**0.3cm**, 帶動軸**10.7cm**的冰棒棍, 具最佳開啟效果。
- 三、加入RFID雲端積點功能與獎勵制度的RFID雲端自動積點AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶, 能更有效提高校園回收垃圾量 and 減少傳染病的風險

## 拾壹、未來展望

未來希望將回收垃圾AI模型的辨識種類訓練到涵蓋市面上大部分的瓶罐, 尤其是校園內常見的種類, 並且繼續開發機電整合部分, 包括**自動壓縮與便利打包**, 讓更多校園與班級使用這套設備, 讓我們更加容易達到SDGs14、15的目標, 為地球盡一份心力。