

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

032805

羽視推移-運用傳動機構及影像辨識製作自動化
羽球收集器

學校名稱： 臺北市立敦化國民中學

作者： 國二 昌宥圻 國二 楊沛綸 國一 康思壹	指導老師： 任建安
---	------------------

關鍵詞： 影像辨識、傳動機構、Arduino

羽視推移-運用傳動機構及影像辨識製作自動化羽球收集器

摘要

練習打羽球時，撿球這個過程不僅消耗體力，還會浪費許多時間。為了解決這個問題，我們著手製作一臺能夠自動撿球的裝置。第一代裝置利用皮帶輪將羽球彈至集球箱內，並用藍芽遙控車體移動。第二代裝置利用 Teachable Machine 與 Pixetto 鏡頭進行影像辨識，並撰寫程式控制車體移動至羽球位置。為了避免羽毛球撞擊鏡頭，第三代裝置將撿球機構改為輸送帶，使其更穩定地進入集球箱內。但是束線帶長期使用容易變形，為了提高撿球的成功率，第四代裝置再次改變了撿球機構，結合第一代與第三代的想法，利用齒輪將羽球轉入裝置後由鍊條運到後方由日內瓦機構做成的集球裝置內。過程中利用了機構與結構原理設計車體，以及影像辨識的訓練與程式設計，做出了可以自動化撿球的裝置。

壹、前言

一、研究動機

羽毛球運動在現代生活中受到廣泛的歡迎，然而撿球過程卻是一項相對瑣碎且耗時的工作，特別是在大量練習或比賽中，手動撿拾羽毛球不僅消耗體力，也可能對運動者的手部和腰部造成不必要的負擔。但目前市面上的自動撿球機多半設計為滾輪或機械的爪，這些設計容易對羽毛球造成損傷，進而影響運動品質。於是，我們希望可以設計出一款能夠自動撿球並且不會傷害羽毛的智慧撿球機，不但能夠減少人力，也能提供打球的人更好的練習環境。

二、研究目的

- (一) 製作撿羽球的機構裝置
- (二) 如何讓撿球裝置移動
- (三) 探討如何利用影像辨識尋找羽球
- (四) 製作可以辨識羽球並自動撿起的裝置

三、文獻回顧

題目	研究焦點
『羽羽生風』羽球收集器	1. 用吸塵器產生吸力，連接自製的羽球收集器 2. 快速排列羽球並收納至球桶內 3. 接風管處可伸縮調整吸力大小 4. 收集器可拆卸、組裝，收納方便不占空間
羽置今拾-應用羽球重心斜面力學整列與拋物線的省力收集器	1. 運用羽球重心、斜板力學原理，省力收集羽球 2. 一次性收集多個羽毛球 3. 鋼絲加塑膠管避免直接接觸導致羽毛受損
一羽中的	1. 利用馬達凸輪與彈簧結構使每次撿拾力道相同 2. 紅外線與超音波組合，將羽毛球感應後撿起 3. 羽球能準確掉入集球器中排列

以上是有關羽毛球撿球裝置的資料，雖然過去也有人製作過類似機械，但主要都是以手動操作為主，較少是以自動化撿球進行探究。我們這次目標是以影像辨識鏡頭進行判斷，並利用程式自動化控制裝置移動並將羽球撿起。

貳、研究設備及器材

- 一、材料類：電線、電池及電池盒、冰棒棍、螺絲、竹籤、智高積木、麥克納姆輪
- 二、設備類：伺服馬達、PWM 調速器、繼電器、尖嘴鉗、斜口鉗、電腦
- 三、資訊器材：Arduino 控制板、藍芽控制板、Pixetto 鏡頭

參、研究過程與方法

良好的自動化羽球收集機，撿球時能避免傷害到羽毛是相當重要的，而且也能幫助選手有更多時間練習，不需要消耗太多力氣去撿球。本機構的架構組成，一開始先進行影像模型的訓練，再將模型匯入鏡頭中開始影像辨識羽球，最後則由 Arduino 控制裝置移動，利用前方的撿球機構，完成撿球並收集到集球箱中。

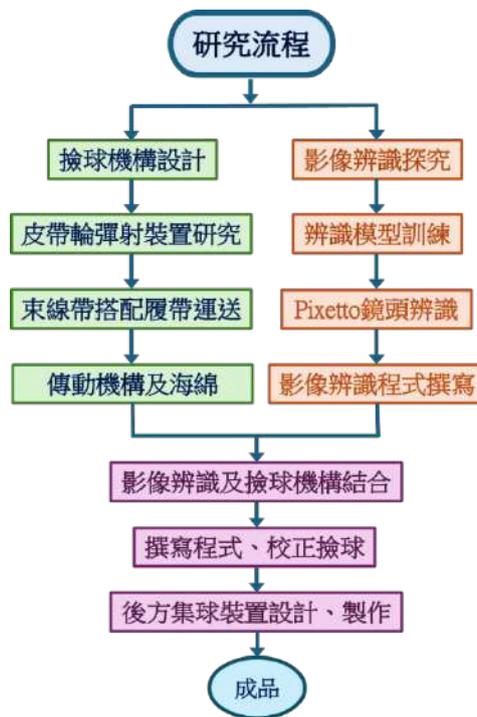


圖 1：研究流程圖

資料來源：作者自行繪製

一、製作檢球機構

為了要將羽球撿起，我們先蒐集有關羽毛球構造的資料，並對於外觀形狀進行探究分析。

(一) 羽毛球的構造



羽毛球的結構主要分為球頭與羽毛兩個部分。球頭呈半圓柱體，主要是以軟木製成，外圍再以一層薄皮包覆。羽毛球重心在球頭，所以無論如何飛行，幾乎都是球頭先落下。羽毛的排列為直徑 58-68 mm 之間，材質以鵝毛或鴨毛為主，經過篩選後，上等毛做比賽球，毛色較不純或毛質較差則做練習球。一顆羽球以 14 或 16 枝羽毛排列而成。

由上述資料可以得知，羽毛球的羽毛若有受損，會影響球的運行軌跡。另外，因為其構造非球體，無法滾動，只會以地面接觸點為圓心旋轉，無法像乒乓球可以用掃片掃入。

(二) 構想撿球方案



圖 3：V 字型爪

我們以羽置今拾報告中類似 V 字型爪結構為基礎。因羽毛球在接觸到 V 形爪子時，會以自身的底部作為支點，旋轉到合適角度，將球頭對準機器，方便將球撿起。

(圖 3 資料來源：羽置今拾-應用羽球重心斜面力學整列與拋物線的省力收集器 中華民國第 53 屆國中小科學展覽作品)



圖 4：刷毛撿球示意圖

影片中利用刷毛旋轉將羽毛球撿起，但是捲入的過程中，因擠壓的關係，刷毛容易傷害到羽毛。

(圖 4 資料來源：刷毛羽球撿球機影片截圖)



圖 5：保麗龍球發球裝置

我們接著看到了保麗龍球發球機影片，利用兩顆輪子反方向向外轉動將保麗龍球發射。於是，我們設想如果將保麗龍球發射器的方向反轉，就能將羽毛球彈起，達到撿球的動作，所以開始著手研究能將球撿起的結構。

(圖 5 資料來源：電動發球機 DIY 手工科技小製作拼裝發明教學模型自動發球實驗材料網站)

經過上述資料探究後，我們決定以 V 型爪作為前端羽球整列的機構，讓球頭能對準發球機裝置，進而被彈起進入裝置內。

(三) 方案執行製作

 <p>圖 6：羽球收集裝置</p>	<p>我們上網購買了保麗龍球發射器的材料，並把它重新組裝成撿球器。改變後，球已經能夠被彈起，也減少了傷害到羽毛球的疑慮。但是我們發現羽毛球會歪斜，導致羽球每次彈射方向不一，於是又做了近一步的改良。</p> <p>(圖 6 資料來源：作者自行拍攝)</p>
 <p>圖 7：羽球收集裝置</p>	<p>我們根據前面幾屆的參考資料，保留前面 V 字型爪，它能让羽毛球導正，將羽毛球順著馬達彈起，因為皮帶輪有一定的彈性，所以讓羽毛球和馬達間距離可以有裕度，完成撿球的目的。</p> <p>(圖 7 資料來源：作者自行拍攝)</p>

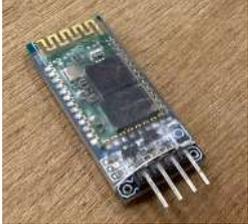
(四) 模型測試與修正

	<p>PWM 是透過開關脈衝來發送所需功率的一種方法。脈衝的大小和週期是恆定的，透過調整導通時的脈衝寬度（時間）來控制要發送的功率。進而改變馬達轉速。(圖 8：PWM 調速器 資料來源：作者自行拍攝)</p>
<p>因為馬達直接運轉速度過快，導致羽球會飛到很遠的地方，為了可以調整馬達轉速，我們加裝了 PWM 直流馬達調速器，來調整羽球飛起的力道。</p>	

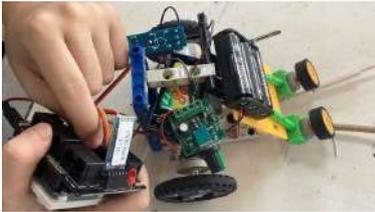
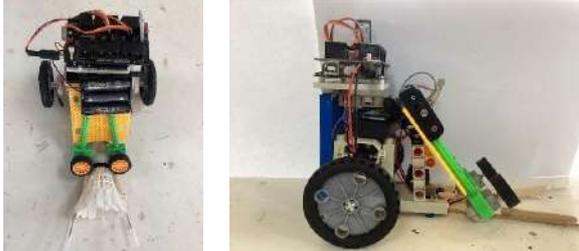
二、製作移動裝置

為了要能讓裝置移動去撿球，我們利用馬達結合車輪移動撿球裝置，並利用 Arduino、L293D 擴充板、藍芽遙控模組進行製作。

(一) 蒐集資料

	<p>Arduino Uno 具有 16 個數位輸入/輸出引腳，其中 6 個可用作脈寬調製輸出，可以輸出可變功率。</p> <p>(圖 9：Arduin 開發板 資料來源：作者自行拍攝)</p>
	<p>常用的直流馬達驅動模組，採用 L293D 晶片小電流直流馬達驅動晶片。多達 4 個雙向直流馬達及 4 路 PWM 調速。</p> <p>(圖 10：L293D 驅動模組 資料來源：作者自行拍攝)</p>
	<p>HC-05 是一個 Arduino 常用藍芽模組，它可以為項目添加雙向藍牙無線功能。這個模組可以在兩個微控制器間進行通訊。</p> <p>(圖 11：藍芽晶片模組 資料來源：作者自行拍攝)</p>

(一) 執行製作

	
<p>1.使用智高積木搭建主體(圖 12)</p>	<p>2.固定彈射器在車體上(圖 13)</p>
	
<p>3.固定電池盒與調速器(圖 14)</p>	<p>4.接上 Arduino 開發板與藍芽板(圖 15)</p>
	<p>第一代羽毛球撿球裝置製作完成 (圖 16、圖 17)</p>
<p>(圖 12~圖 17：第一代裝置製作過程 資料來源：作者自行拍攝)</p>	

(二) 藍芽程式撰寫

<p>設定程序</p> <p>連接藍芽板以控制車體</p> <p>設定伺服馬達腳位，控制車輪</p> <p>控制車子前進、後退、左轉、右轉、停止...等基本移動</p>	<p>據伺服馬達的旋轉定義向前程式</p> <p>據伺服馬達的旋轉定義向後程式</p> <p>據伺服馬達的旋轉定義停止程式</p> <p>據伺服馬達的旋轉定義向左程式</p> <p>據伺服馬達的旋轉定義向右程式</p> <p>連接LED燈做初步測試</p>
<p>(圖 18)</p>	<p>(圖 19)</p>

常見的伺服馬達有 0~90 度、0~180 度等，我們用的是 0~180 度的伺服馬達。當伺服馬達角度為 90 度時，伺服馬達不轉動；角度為 0 度時，馬達反轉；角度為 180 度時角度正轉。我們於是根據這個方法撰寫程式控制車子移動。
(圖 18、圖 19：藍芽控制程式碼 資料來源：作者自行繪製)

(三) 第一代撿球機討論與修正

1. 裝置特色介紹

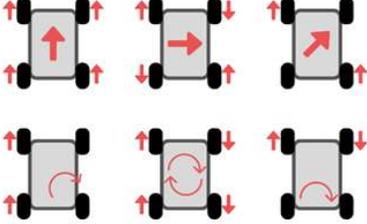
	<p>利用 Arduino 裝上藍芽板，並寫程式控制裝置移動尋找羽毛球，當用手機按下按鈕，藍芽板接受到命令，車子就會運作，這樣就不需要彎腰撿球，且減少撿球時瑣碎的時間以及人力資源。</p> <p>(圖 20：藍芽遙控板 資料來源：作者自行拍攝)</p>
	<p>馬達消耗電流量大，若使用 Arduino 控制直流馬達容易造成電流不穩定，因此我們另外加入繼電器連接直流馬達控制自動開關，使電流更加穩定，讓裝置運作順利。</p> <p>(圖 21：彈射裝置 資料來源：作者自行拍攝)</p>

2. 須改進之處

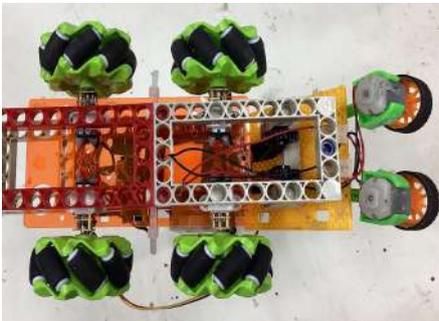
改進項目	解決方法
車輪移動時，迴轉的幅度較大，不容易撿到羽球。	我們認為要解決這個問題可以從車輪下手，可將原先的兩個車輪，改為用麥克納姆輪進行移動，之後加上影像辨識後，可以更直覺的平移至指定位置進行撿球動作。

三、麥克納姆輪車體組裝

(一) 蒐集資料

 <p>(圖 22)</p>	 <p>(圖 23：車體移動方式 資料來源：作者自行繪製)</p>
<p>車輪轉動時，轉軸會因為摩擦力而產生與車軸呈 45 度的反推力，這個斜向推力可以分為縱向和橫向兩個方向。整個車體由兩對擁有轉軸成鏡像排列的麥克納姆輪所驅動，每個車輪各自會產生相應的向量，這些不同方向的力量決定了車體最終的行進方向。通過調節各個車輪獨自的轉動速度，可以實現整個車體前進、橫移、斜行、旋轉等不同運動方式。</p> <p>(圖 22：麥克納姆輪車 資料來源：作者自行拍攝)</p>	

(二) 改裝車體

	<p>為了讓車體移動能更加順利，我們將麥克納姆輪安裝在撿球裝置上，並利用藍芽遙控四個輪子，校正輪子運轉方向與速度大小。使其可以順利的前後左右移動。</p> <p>(圖 24：組裝完成圖 資料來源：作者拍攝)</p>
---	---

四、羽毛球的影像辨識

為了能達到自動化撿球的功能，我們將採用影像辨識的方式進行羽球的偵測，在偵測到羽球時，可以自動將車體向前移動並撿起羽球。

(一) 蒐集資料

	<p>Pixetto 鏡頭模組：訓練機器學習模型與機器學習加速器，視覺感測器並擁有視覺辨識功能，感測內容包含顏色辨識、物體形狀、手寫和人臉辨識等功能。(圖 24：Pixetto 鏡頭模組 資料來源：作者拍攝)</p>
---	--

(二) 利用 Pixetto 訓練平台

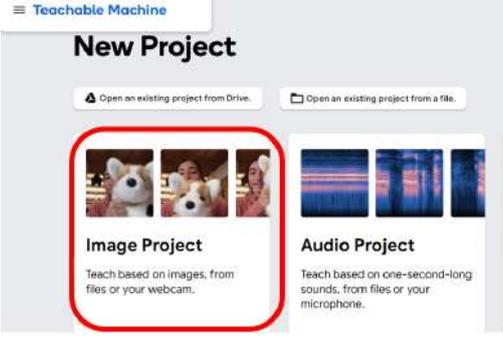
Pixetto 是一個影像訓練平台，能幫助學習者和教育機構快速開發和訓練影像辨識模型。

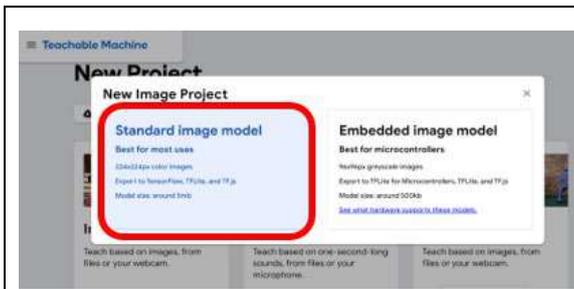
	
<p>1.開啟 Pixetto 網站，點選視覺感測，選用神經網路功能。(圖 25)</p>	<p>2.選擇機器學習加速器，利用鏡頭拍攝許多影片。(圖 26)</p>
	
<p>3.將拍攝的影片上傳，框選要辨識的目標，進行數據採集，採集成功後，綠框會跟著影片中的羽毛球。(圖 27)</p>	<p>4.最多能匯入三個影片採集數據，然後點選熱門組合的程式，開始訓練。(圖 28)</p>

	
<p>5.可從表格看出它的訓練過程，完畢後將模型下載到電腦。(圖 29)</p>	<p>6.開啟 Pixetto 並匯入模型，當鏡頭看到羽毛球綠框就會框住，並不斷偵測追蹤羽毛球。(圖 30)</p>
	<p>但是訓練影片數量有限制，所以機器容易辨識錯誤，只要有形狀與顏色相近的物體入鏡，鏡頭容易辨認錯誤，準確度較低。(圖 31)</p>
<p>(圖 25~圖 31：影像辨識訓練流程 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)</p>	

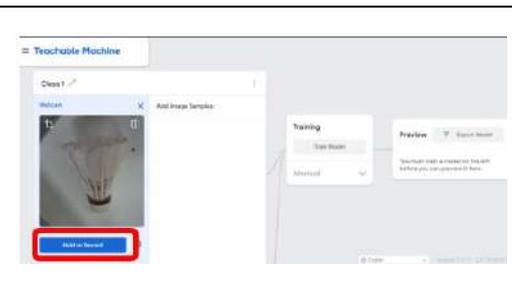
(三) Teachable Machine

我們運用相同鏡頭，嘗試改用 Teachable Machine 讓鏡頭學習，它可以拍攝較多張的相片，讓機器更了解羽毛球，並且可搭配 Pixetto 的鏡頭，將拍攝學習後的模型匯入就可辨識。

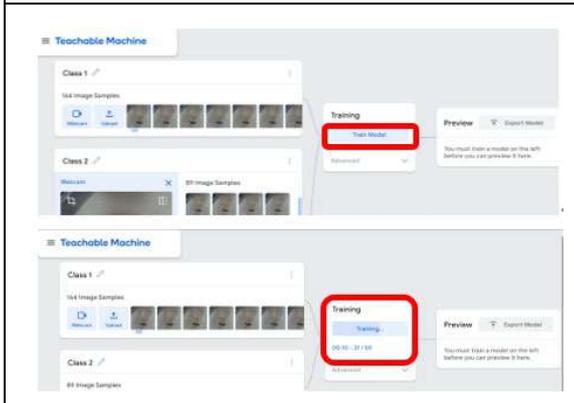
	
<p>1.從裝置管理員找到 Pixetto 鏡頭(圖 32)</p>	<p>2.進入 Image Project(圖 33)</p>



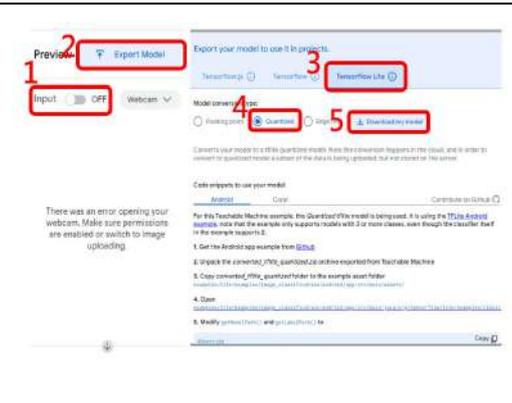
3. 選取左邊 Standard Image Model(圖 34)



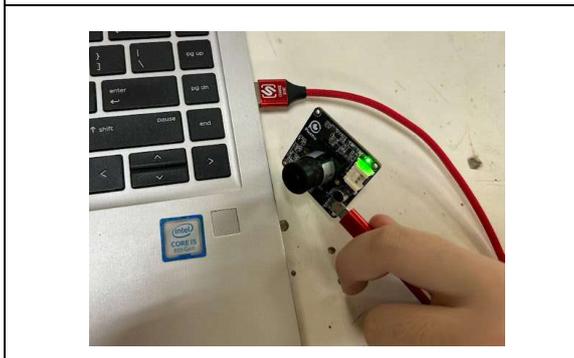
4. 按住可拍多張照片(圖 35)



5. 按下 Train Model 開始訓練模型(圖 36)



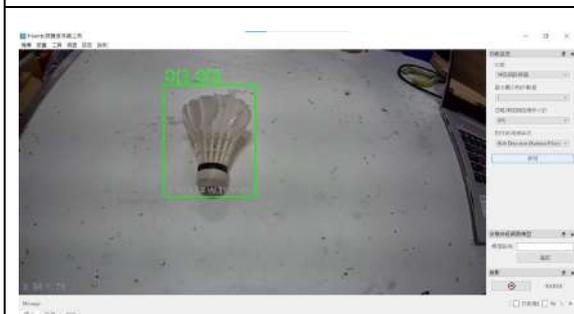
6. 下載模型(圖 37)



7. 開啟 Pixetto 軟體並連接鏡頭(圖 38)



8. 由模型路徑選擇模型(圖 39)

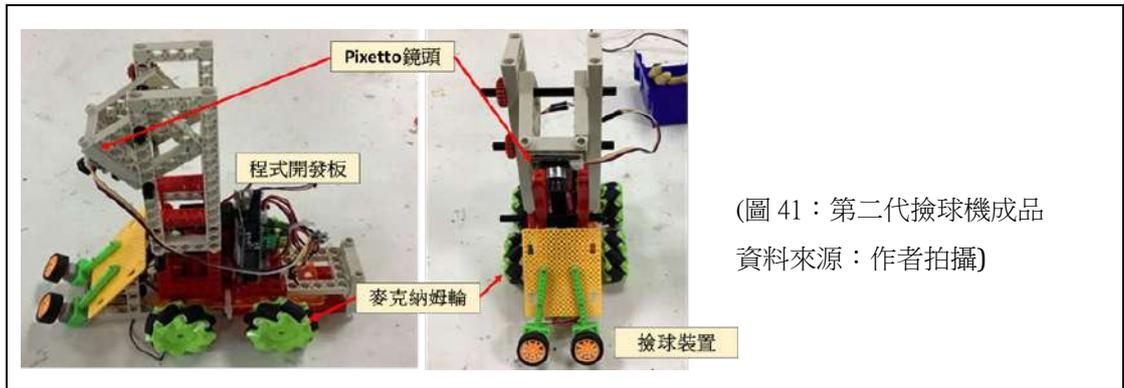


透過 Teachable Machine 訓練模型，因為拍攝張數較多，所以綠框能更準確鎖定羽毛球位置(圖 40)

(圖 32~圖 40：影像辨識訓練流程 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)

五、第二代羽毛球裝置介紹與待改進項目

(一) 車體介紹



(一) 程式設計

<pre> #include <Pixetto.h> #include <AFMotor.h> AF_DCMotor motor_dc_1(1, MOTOR12_64KHZ); AF_DCMotor motor_dc_2(2, MOTOR12_64KHZ); AF_DCMotor motor_dc_3(3, MOTOR34_64KHZ); AF_DCMotor motor_dc_4(4, MOTOR34_64KHZ); Pixetto ss(A5, A4); int i; // 描述此函數... void Forward() { motor_dc_1.setSpeed(240); motor_dc_1.run(FORWARD); motor_dc_2.setSpeed(240); motor_dc_2.run(FORWARD); motor_dc_3.setSpeed(240); motor_dc_3.run(FORWARD); motor_dc_4.setSpeed(240); motor_dc_4.run(FORWARD); } // 描述此函數... void Right() { motor_dc_1.setSpeed(240); motor_dc_1.run(FORWARD); motor_dc_2.setSpeed(240); motor_dc_2.run(BACKWARD); motor_dc_3.setSpeed(240); motor_dc_3.run(BACKWARD); motor_dc_4.setSpeed(240); motor_dc_4.run(FORWARD); } </pre> <p>M1: 左前輪 M2: 右前輪 M3: 左後輪 M4: 右後輪</p> <p>定義車子向前走</p> <p>左前輪向前 右前輪向前 左後輪向前 右後輪向前</p> <p>定義車子向右平移</p> <p>左前輪向前 右前輪向後 左後輪向後 右後輪向前</p>	<pre> // 描述此函數... void Back() { motor_dc_1.setSpeed(240); motor_dc_1.run(BACKWARD); motor_dc_2.setSpeed(240); motor_dc_2.run(BACKWARD); motor_dc_3.setSpeed(240); motor_dc_3.run(BACKWARD); motor_dc_4.setSpeed(240); motor_dc_4.run(BACKWARD); } // 描述此函數... void Left() { motor_dc_1.setSpeed(240); motor_dc_1.run(BACKWARD); motor_dc_2.setSpeed(240); motor_dc_2.run(FORWARD); motor_dc_3.setSpeed(240); motor_dc_3.run(FORWARD); motor_dc_4.setSpeed(240); motor_dc_4.run(BACKWARD); } // 描述此函數... void Stop() { motor_dc_1.setSpeed(200); motor_dc_1.run(RELEASE); motor_dc_2.setSpeed(200); motor_dc_2.run(RELEASE); motor_dc_3.setSpeed(200); motor_dc_3.run(RELEASE); motor_dc_4.setSpeed(200); motor_dc_4.run(RELEASE); } </pre> <p>定義車子向後走</p> <p>左前輪向後 右前輪向後 左後輪向後 右後輪向後</p> <p>定義車子向左走</p> <p>左前輪向後 右前輪向前 左後輪向前 右後輪向後</p> <p>定義車子停止</p> <p>左前輪停止 右前輪停止 左後輪停止 右後輪停止</p>
--	---

(圖 42) (圖 43)

上方程式碼為麥克納姆輪車體移動時的程式設計，前後左右的各輪馬達轉速與前後設定。(圖 42-43：程式碼撰寫 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)



```

void loop()
{
  if (ss.isDetected()) {
    if ((ss.getFuncID() == Pixetto::FUNC_NEURAL_NETWORK && ss.getTypeID() == 0)) {
      i = ss.getPosX();
      digitalWrite(9, HIGH);
      if (i < 35) {
        digitalWrite(13, LOW);
        Left();
        delay(200);
        Stop();
      }
      if (i <= 50 && i >= 35) {
        digitalWrite(13, HIGH);
        Forward();
        delay(1500);
        Stop();
      }
      if (i > 50) {
        digitalWrite(13, LOW);
        Right();
        delay(300);
        Stop();
      }
    }
  } else {
    Stop();
  }
  delay(300);
}

```

取得羽毛球所在X座標

若X座標小於35，則車子向左移動

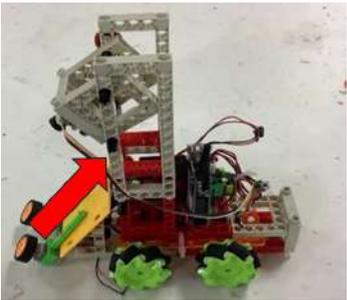
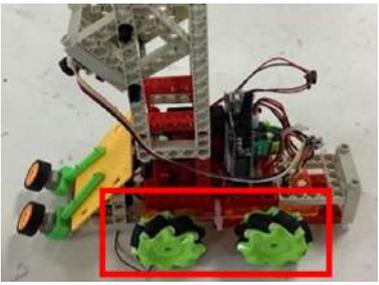
若X座標大於等於35、小於等於50，則車子向左移動

若X座標大於50，則車子向右移動

(圖 45：程式碼撰寫 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)

利用 Arduino 撰寫程式，先設定每個輪子的轉速，再來偵測羽毛球的位置，根據不同位置的 x 座標，做出校正，直到羽球在裝置前方，裝置就會直接向前，完成撿球。

(二) 第二代裝置測試與修改

需修改項目	問題描述
	<p>撿球裝置</p> <p>架設鏡頭模組後，撿球的軌跡容易撞到鏡頭的支架，導致羽球無法順利進入後端。除此以外，用彈射裝置撿球無法確定羽球的落點，導致無法有效率地集中並收集羽球。</p> <p>(圖 46：第二代裝置圖 資料來源：作者自行拍攝)</p>
	<p>麥克納姆輪車體過小、易變形</p> <p>因車輪與馬達較小，導致無法順利平移，容易造成對地面磨擦而產生偏移旋轉狀況。另外，車體過小而且是塑膠板，不但無法收集大量羽毛球，車體容易彎曲變形。</p> <p>(圖 47：第二代裝置圖 資料來源：作者自行拍攝)</p>

六、 第三代裝置製作

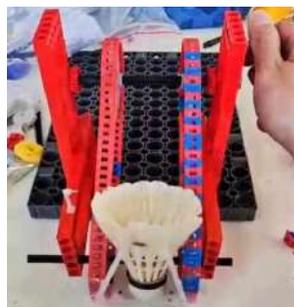
(一) 撿球機構修改

噴射裝置雖然可以順利將球撿起，但是由於無法確認羽毛球噴射後的精準落點，而且羽毛球噴射時常常撞到上方鏡頭，於是，我們開始思索是否有其他方法能夠順利在不傷害羽毛的情況下將羽毛球撿起。



正當我們苦惱於如何改善撿球方法，突然想到 TOMICA 小汽車有輸送帶可以將小汽車一台一台送到軌道上。於是我們靈機一動，決定著手研究如何利用輸送帶將羽毛球撿起來。

(圖 48：軌道輸送帶圖示 資料來源：TOMICA 產品型錄)



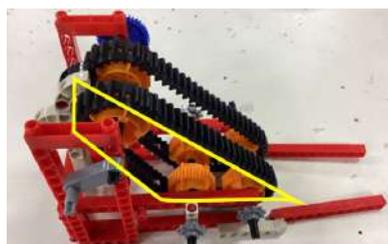
我們於是將馬達彈射改變成鍊條輸送。我們利用智高木的紅藍鍊條以及束線帶製作撿球裝置。當齒輪與鍊條被轉動，羽毛球會被束線帶帶起，順著鍊條轉動將羽毛球收集。每次球落下的位置較穩定，比較好集中收集羽毛球。

(圖 49：第三代撿球裝置 資料來源：作者自行拍攝)



我們發現紅藍鍊條與束線帶容易不小心勾到羽毛球，導致羽毛球被捲入裝置進而傷害羽毛並影響裝置運作。於是我們又嘗試使用矽膠材質的鍊條，它比塑膠鍊條更柔軟，羽毛球在上升不容易勾住。

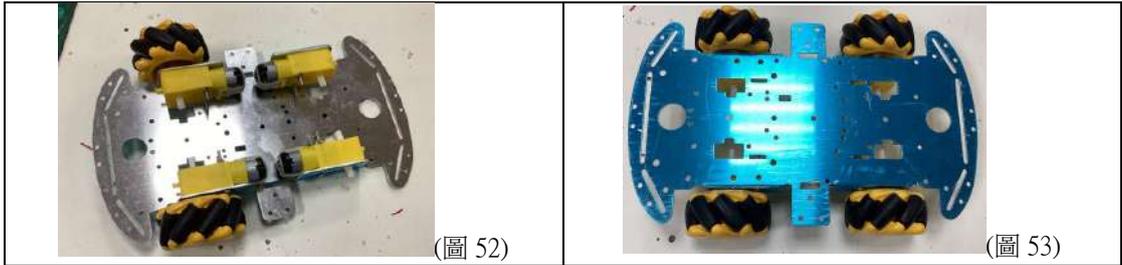
(圖 50：第三代撿球裝置 資料來源：作者自行拍攝)



接著我們發現束線帶容易因為不夠服貼於地面而不小心將羽毛球向外推出，無法順利撿起。於是，我們嘗試使用兩顆齒輪，讓輸送帶變成有點類似三角形的結構，這樣束線帶就能夠順著地面順利將羽毛球撿起來了。

(圖 51：第三代撿球裝置 資料來源：作者自行拍攝)

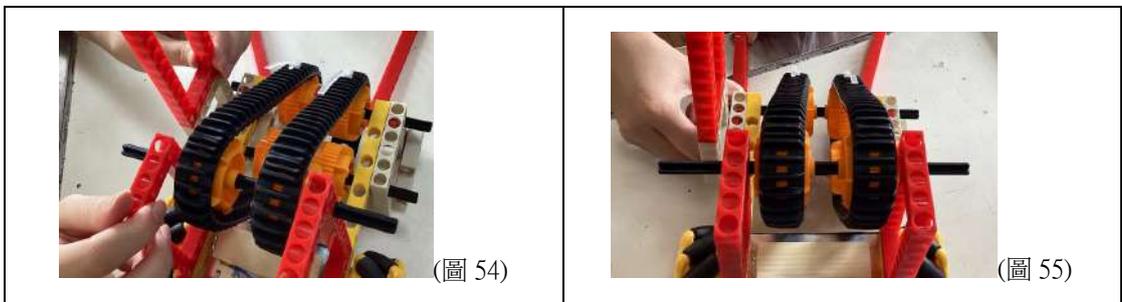
(二) 麥克納姆輪車體改良



為了能讓車體更穩定的移動，且不會受到上方重量的影響。我們將馬達由小型減速馬達改為 TT 馬達，另外將車輪從直徑 5.5cm 改為 6.5cm。底盤也改為金屬底盤，以增加支撐力，避免彎曲變形。

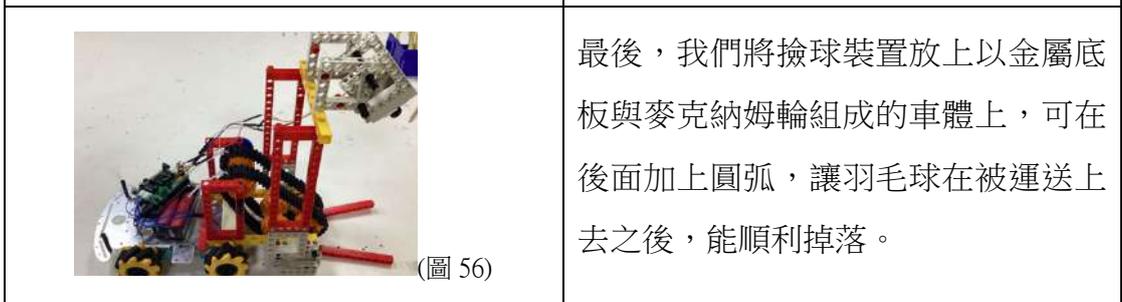
(圖 52-53：麥克納姆輪車體組裝照 資料來源：作者自行拍攝)

(三) 製作組裝



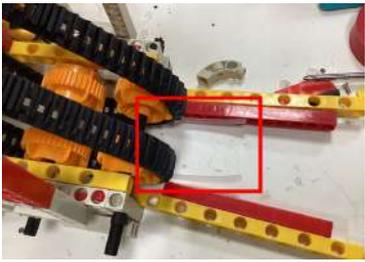
將矽膠輸送帶檢球裝置與鏡頭架固定於改良後的金屬車體上

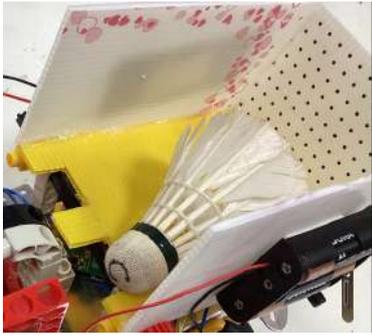
利用智高積木製作類似 V 型爪的結構，幫助撿球



(圖 54-56：第三代裝置組裝流程圖 資料來源：作者自行拍攝)

(四) 第三代裝置測試與修改

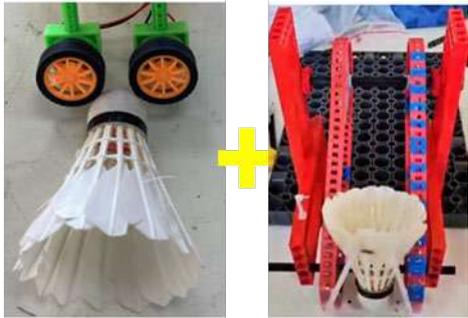
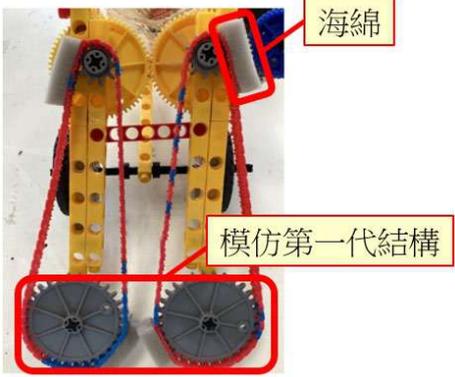
需修改項目	問題描述
 <p>(圖 57)</p>	<p>撿球裝置：第三代的撿球成功率雖然有比二代高，但由於束線帶撿球時是從底下撈起，若是太長，旋轉時容易卡到後方的集球箱及其他裝置，使用久了也容易變形。</p>

 <p>(圖 58)</p>	<p>集球箱：為了能完成羽毛球收集，但會在箱內零散分布，沒辦法整列集成一串，而且箱子空間較小，羽毛球容易集滿，可能導致球互相擠壓，需要時常更換。</p>
<p>(圖 57-58：第三代裝置實測圖 資料來源：作者自行拍攝)</p>	

七、第四代裝置製作

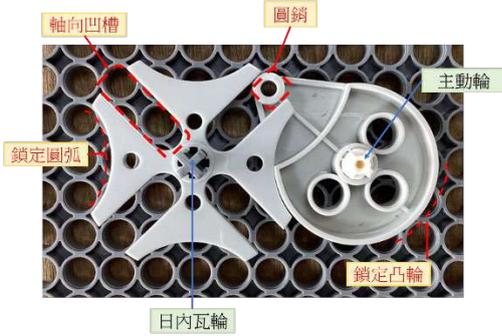
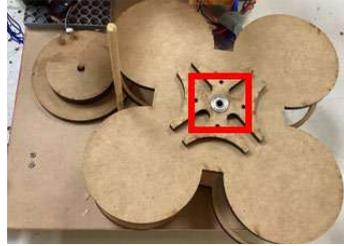
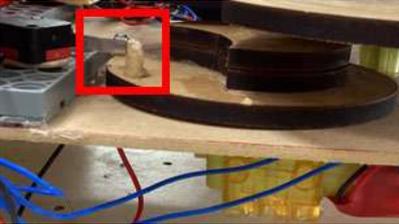
(一) 撿球機構修改

第三代裝置雖然能將球順利撿起，但是考量到束線帶用久後容易變形，再加上我們發現當羽毛球位於車體正前方時，如果束線帶恰好轉到前方，則羽毛球會將束線帶推出而無法順利將球撿起。於是，我們又著手研究如何做出新的撿球機構。

	<p>經過一番思索，我們由急流泛舟的鍊條帶動船移動，決定嘗試結合第一代的彈射裝置以及第三代的輸送帶，運用鍊條帶動齒輪的方法撿球，做出一個新的裝置。(圖 59：撿球裝置構想 資料來源：作者自行拍攝)</p>
	<p>我們於是利用馬達旋轉黃色大齒輪以及灰色齒輪轉動，並透過鍊條，帶動前方的大齒輪轉動。前方的大齒輪會經由灰色海綿的協助，將球向內轉入裝置中。最後再藉由輸送帶，將球運送到後方集球處。(圖 60：撿球裝置構想 資料來源：作者自行拍攝)</p>

(二) 集球裝置

1. 完成前方的齒輪鍊條機構後，我們想將撿球與集球裝置合併，但發現原本的集球裝置空間有限，而且無法將羽球收集成串。於是，我們針對後方的集球裝置進行改良。

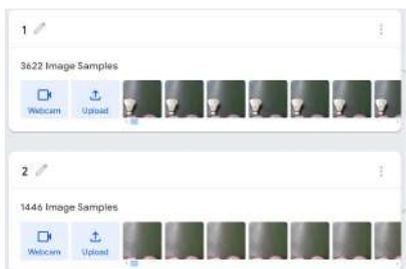
	<p>日內瓦機構由從動輪以及主動輪所主成。當主動輪連續旋轉時，圓形凸起會與從動輪的插槽之相齒合，使從動輪旋轉一定角度。(圖 60)</p>
 <p>(圖 61)</p>	<p>我們利用日內瓦機構的原理去設計後方的集球裝置。將從動輪上設置了四個集球筒的架子，中間還有培林，讓旋轉時能更順暢。</p>
 <p>(圖 62)</p>	<p>羽毛球被紅外線感應後，由馬達控制主動輪的圓銷帶動從動輪旋轉四分之一圈後，觸碰到微動機關，使日內瓦機構停止運作，等待下次啟動。</p>
 <p>(圖 63)</p>	<p>當羽毛球經由鍊條與灰色海綿輸送到裝置上方時，紅外線感測器會感測到羽毛球，使羽毛球掉落到集球桶後，主動輪旋轉帶動從動輪旋轉四分之一圈，等圓銷轉動碰到微動開關，日內瓦機構就會停止。</p>
<p>(圖 60：日內瓦機構圖示說明 資料來源：作者自行拍攝繪製) (圖 61-63：集球裝置機構示意圖 資料來源：作者自行拍攝)</p>	

2. 裝置製作完成後，接下來我們進行了程式的撰寫，如下圖。

<pre> AF_DCMotor motor_dc_1(1, MOTOR12_64KHZ); void setup() { Serial.begin(9600); pinMode(9, INPUT); k = 1; } void loop() { i = (1023 - analogRead(A0)); j = digitalRead(9); Serial.println(String(i) + String(",") + String(j) + String(",") + String(k)); if (i > 500 && j == 0) { k = 1; delay(1000); motor_dc_1.setSpeed(120); motor_dc_1.run(BACKWARD); delay(200); } if (i < 500 && j == 1) { k = 0; motor_dc_1.setSpeed(255); motor_dc_1.run(RELEASE); } if (k == 1) { motor_dc_1.setSpeed(110); motor_dc_1.run(BACKWARD); } if (k == 0) { motor_dc_1.setSpeed(90); motor_dc_1.run(RELEASE); } } </pre>	<p>先設定序列埠及馬達腳位</p> <p>紅外線感測器感測到羽毛球(i>500) 微動開關沒有按下 設定k=1</p> <p>紅外線感測器沒有感測到物件(i<500) 微動開關被按下(從動輪轉動一圈) 設定k=0</p> <p>k=1 馬達持續轉動</p> <p>k=0 馬達停止</p> <p>(圖 64)</p>
--	---

控制紅外線偵測到羽毛球後，後方的馬達轉動從動輪，讓日內瓦機構轉動四分之一圈，直到碰觸微動開關，使馬達停止運作，等待紅外線再次感應。(圖 64：程式碼撰寫 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)

(三) 影像辨識(Teachable machine 參數測試)

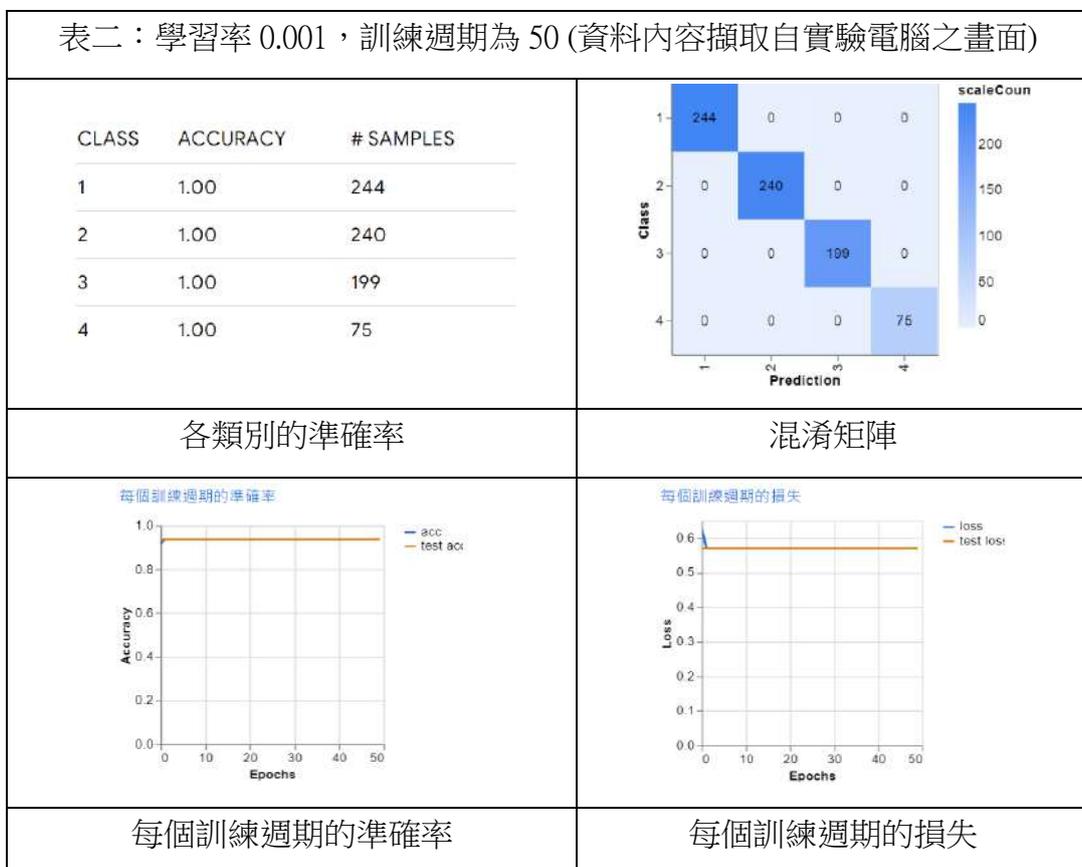
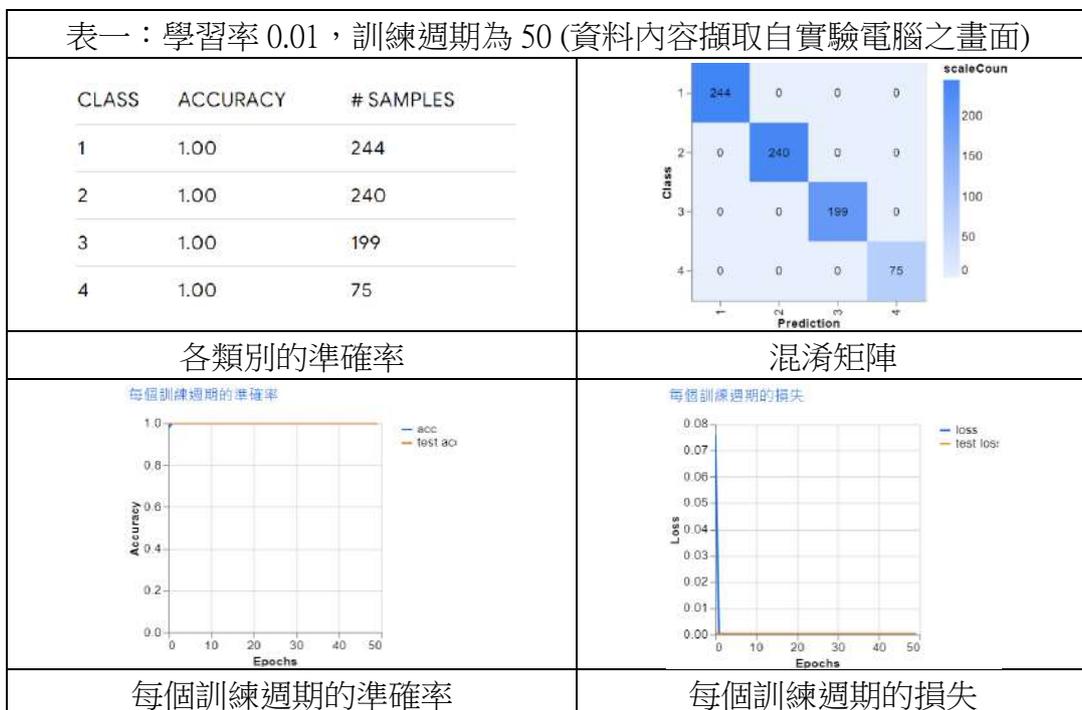
	<p>影像辨識原本含有四個類別，包括羽毛球的各個角度以及環境。但我們經過討論後，將類別改變為所有含羽毛球的照片及環境照片。(圖 65：Teachable machine 影像拍攝畫面 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)</p>
--	--

原本的影像辨識形狀較相近的物體容易辨識錯誤，我們發現 Teachable machine 能改變不同的參數值，因此上網搜尋名詞解釋，了解參數各自代表的意義，思考是否與辨識率有關連。

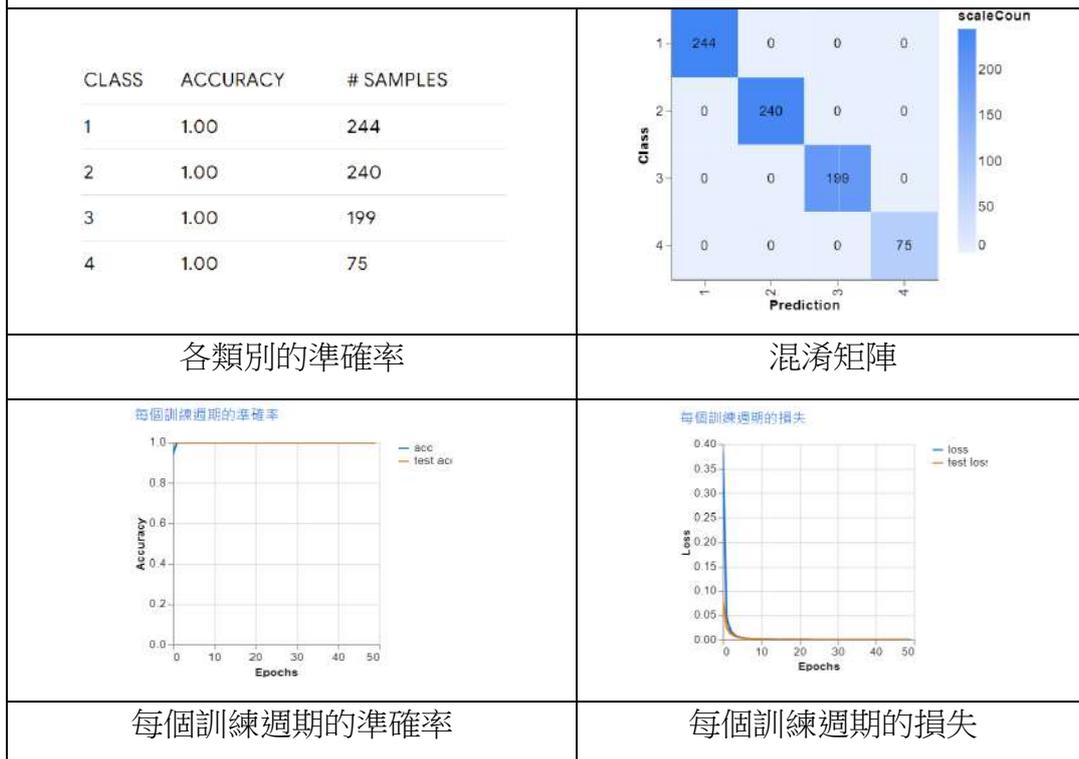
參數名稱	文字說明
訓練週期數量	當訓練資料集裡的每個樣本，至少都經過訓練模型處理一次後，即算是一個訓練週期。一般來說，訓練週期的數值越大，模型越能學會預測資料。
批量	單一訓練疊代中使用的一組樣本，就稱為一個批次。模型處理完批次後，表示完成一個訓練週期。
學習率	學習率是梯度下降優化算法中的一個重要超參數，它決定每一步更新模型參數時，參數應該調整多少。

我們透過 Teachable Machine 拍好照片後，更改不同的訓練參數數值，像是訓練週期、批量、學習率，測試是否能夠提高模型準確度。

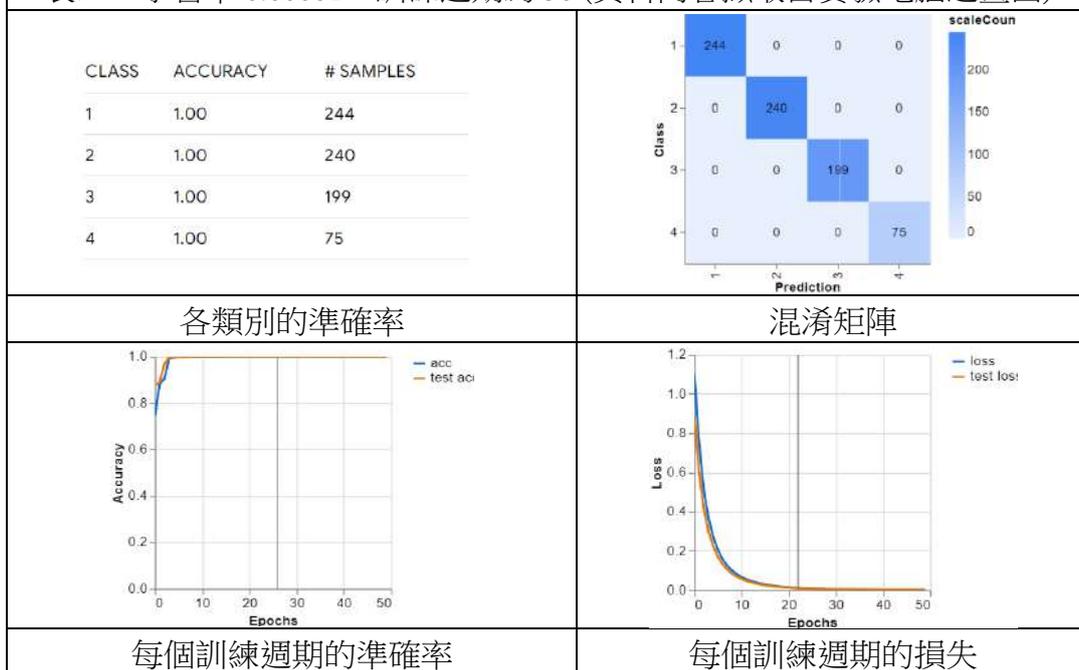
1. 更改學習率，固定訓練週期為 50



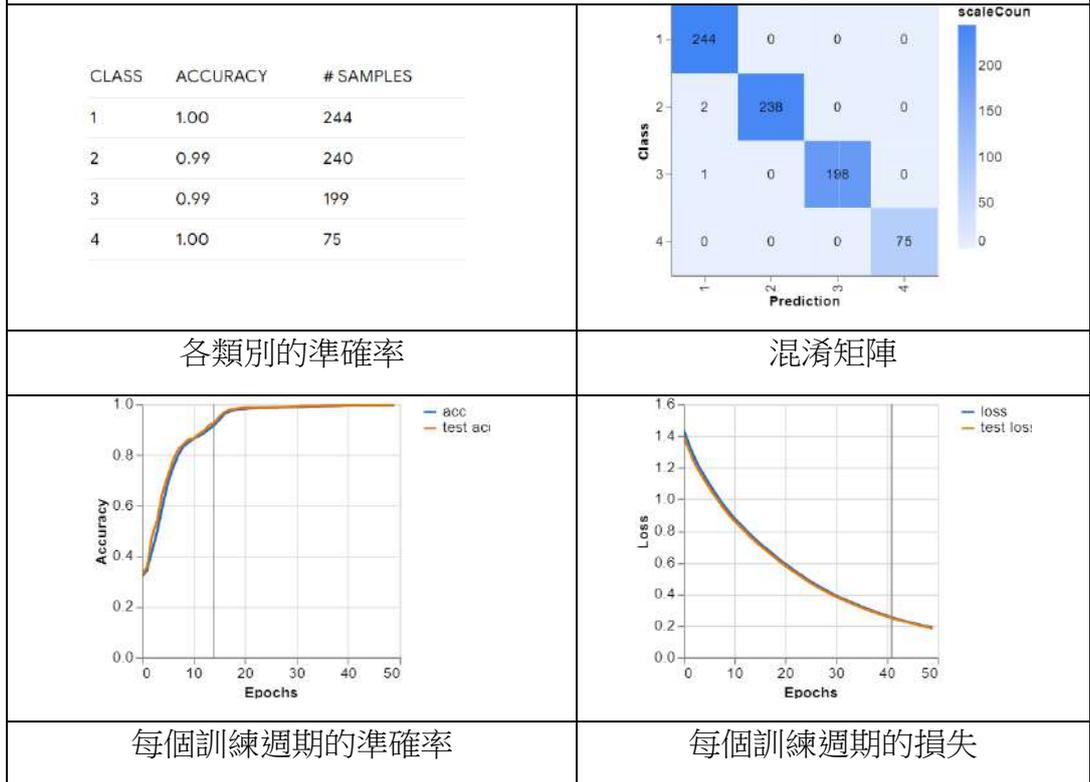
表三：學習率 0.0001，訓練週期為 50 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)



表四：學習率 0.00001，訓練週期為 50 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)

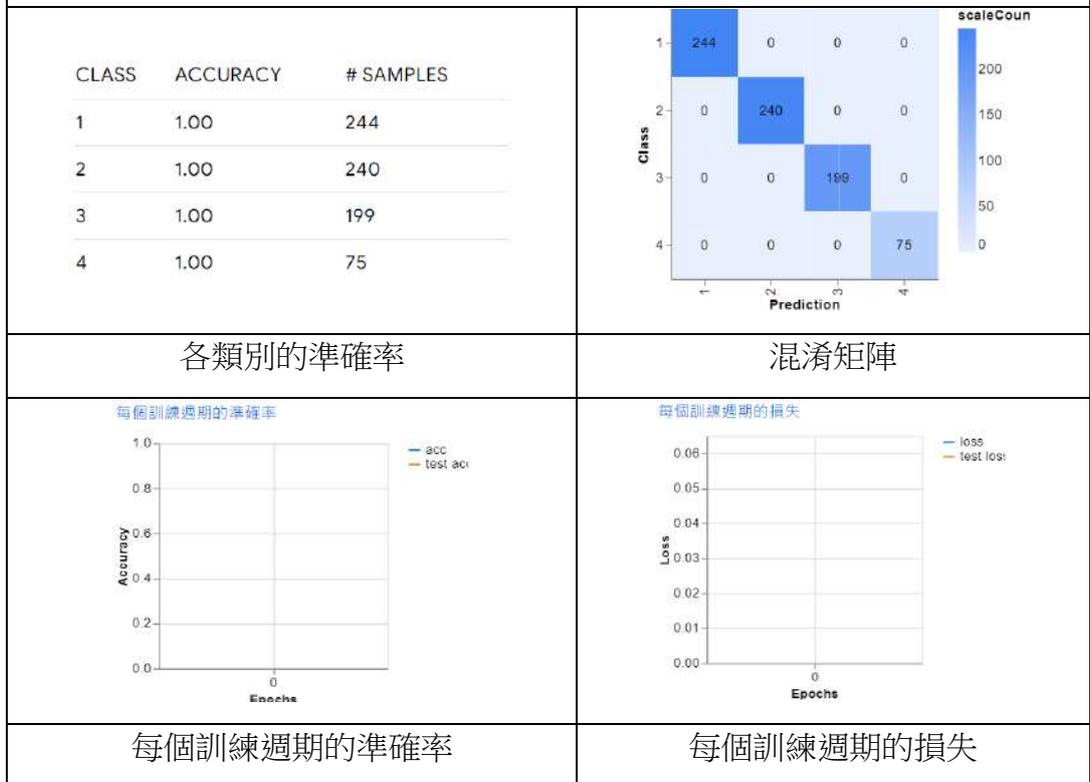


表五：學習率 0.000001，訓練週期為 50 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)

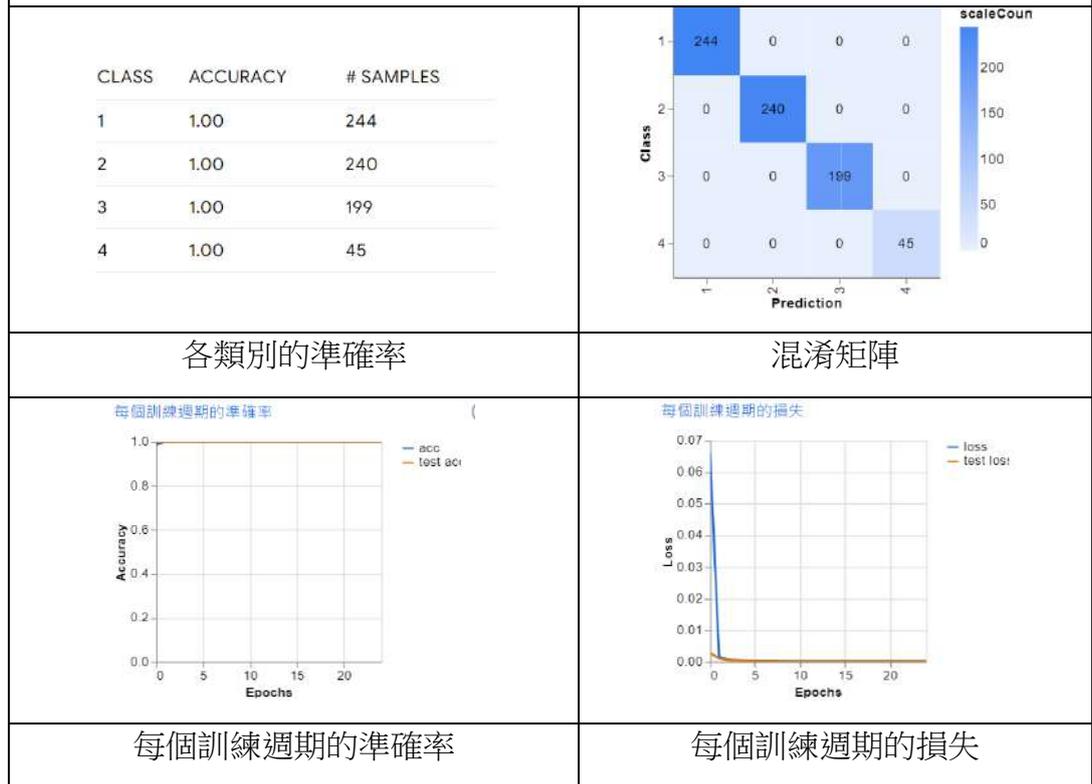


2. 改變訓練週期，學習率固定為 0.001

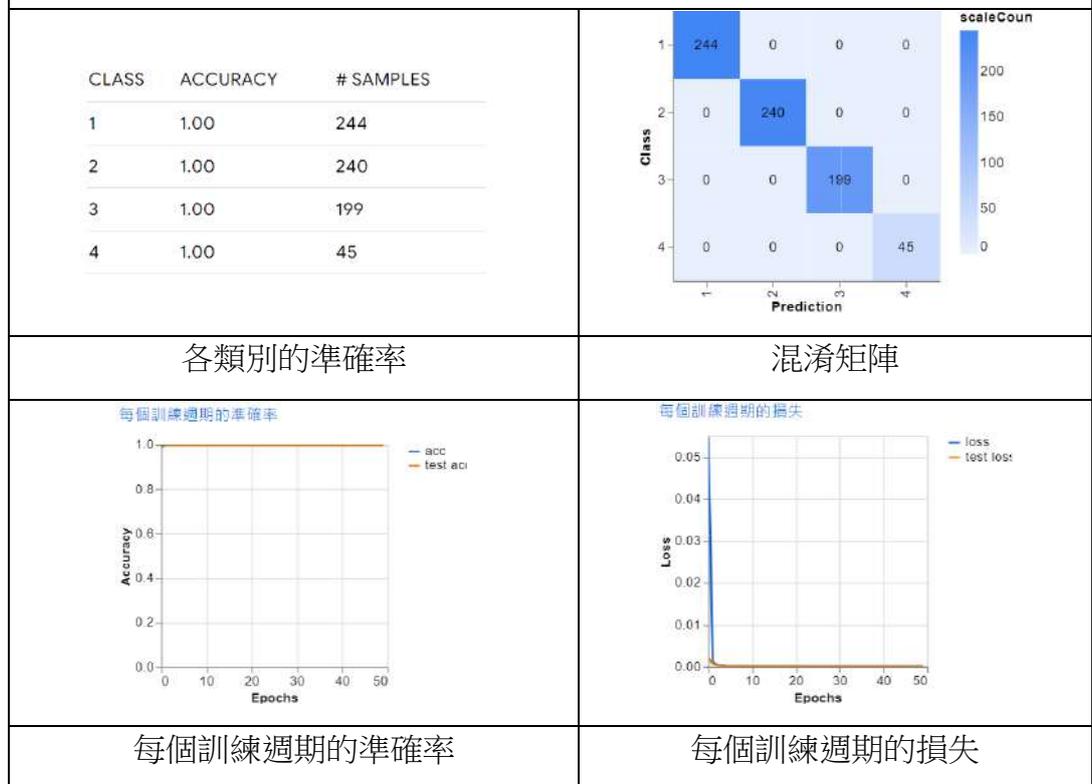
表六：學習率 0.001，訓練週期為 1 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)



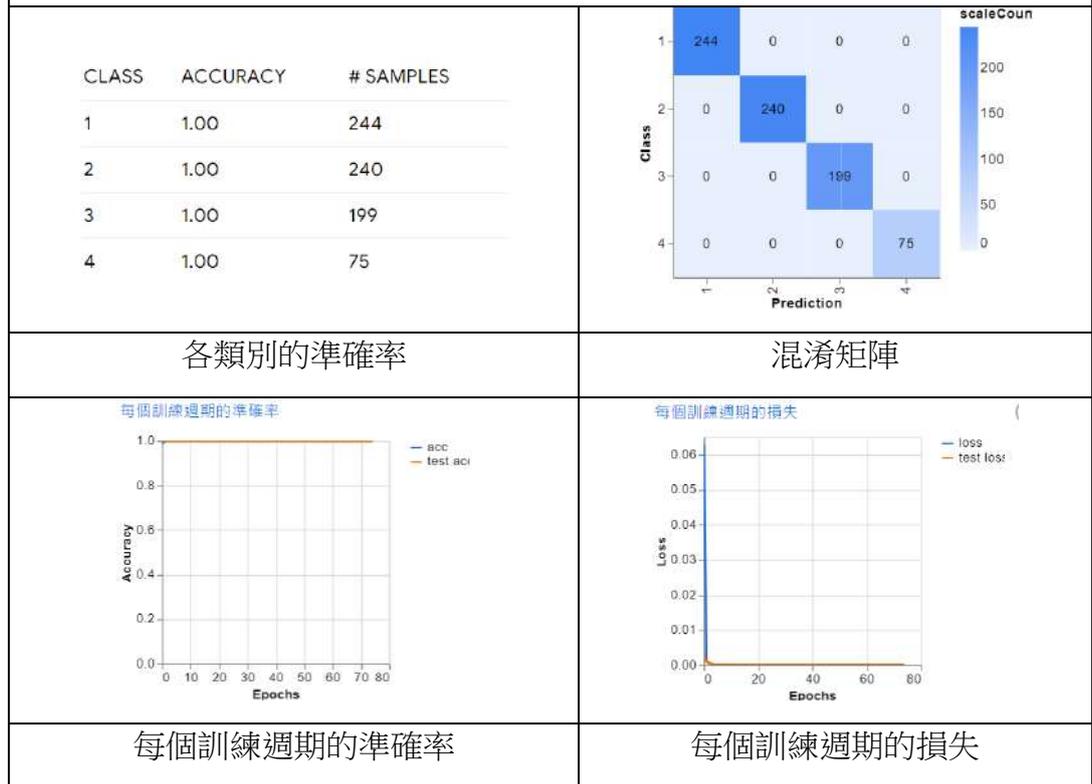
表七：學習率 0.001，訓練週期為 25 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)



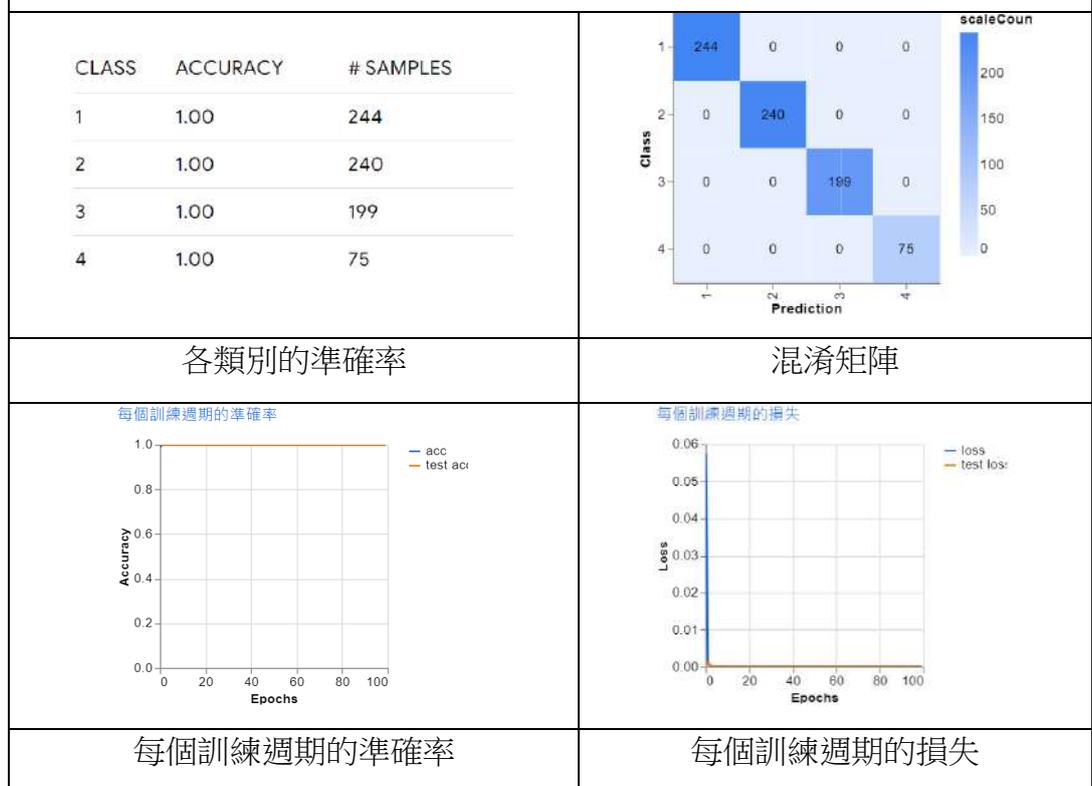
表八：學習率 0.001，訓練週期為 50 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)



表九：學習率 0.001，訓練週期為 75 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)

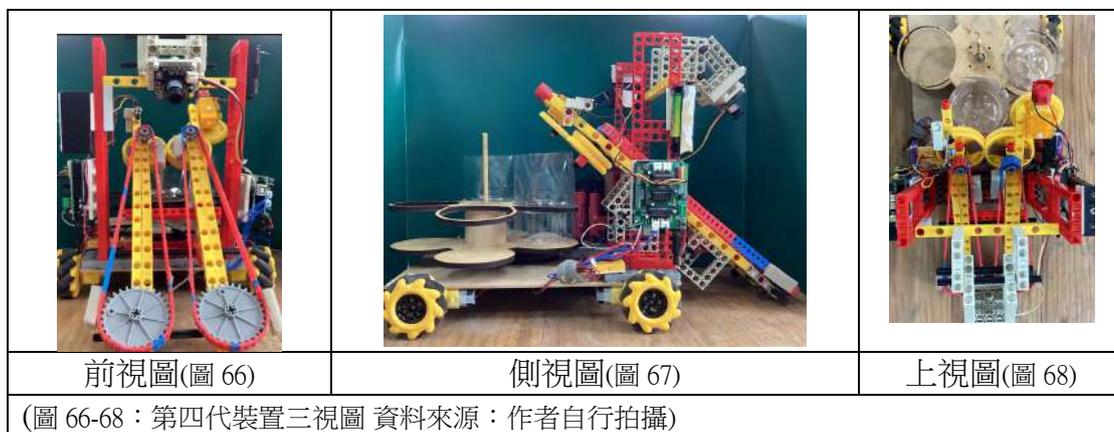


表十：學習率 0.001，訓練週期為 100 (資料內容擷取自實驗電腦之畫面)



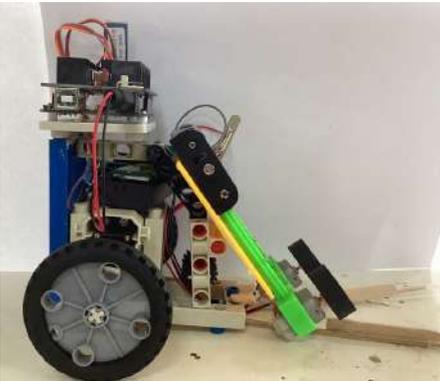
我們由以上圖表可以發現，更改學習率以及訓練週期對於影像辨識率並沒有太大影響，較有關係的是訓練週期的損失，總和上圖效果最好的模型是原本的預設值，學習率 0.001，訓練週期 50，批量 16。

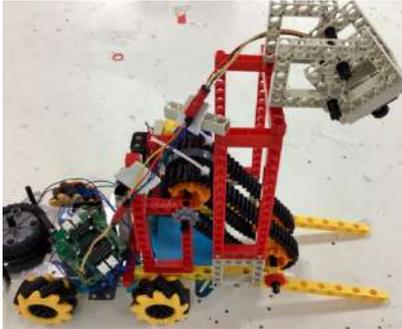
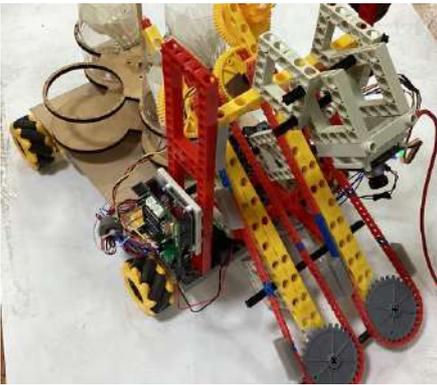
(四) 裝置三視圖



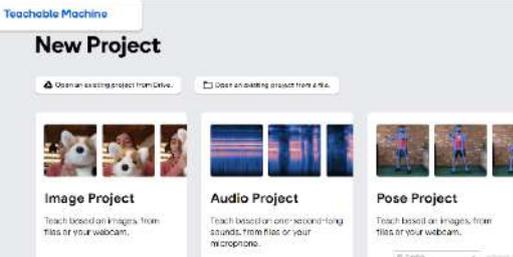
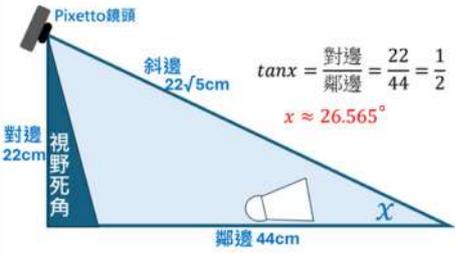
肆、研究結果

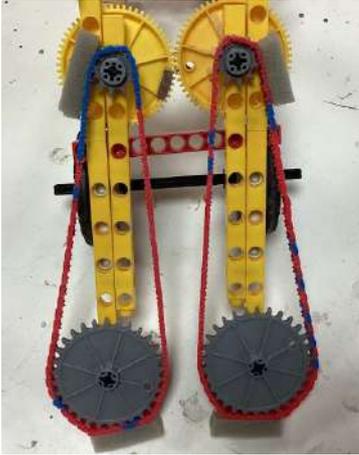
一、各代產品分析

	<p>第一代撿球機</p> <p>功能：利用手機連結藍芽讓車子移動，加上繼電器控制直流馬達轉動彈射器，前方裝上 V 型支架，讓羽毛球進入支架中導正，再使馬達將羽毛球轉動帶起，完成撿球的目的。</p> <p>問題：車體移動時，迴轉幅度過大，且未加入影像辨識(圖 69：第一代裝置 資料來源：作者自行拍攝)</p>
	<p>第二代撿球機</p> <p>功能：將鏡頭及撿球機結合在一起，當鏡頭看到羽毛球時，撿球機就會移動過去，並利用前方的皮帶輪將球撿起。</p> <p>問題：球彈起容易碰到鏡頭，而且掉落的位置不穩定(圖 70：第二代裝置 資料來源：作者自行拍攝)</p>

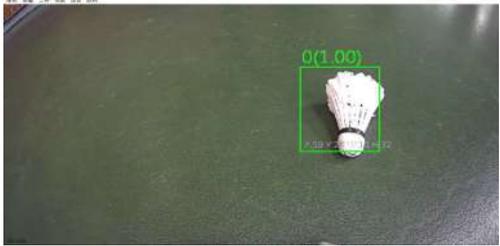
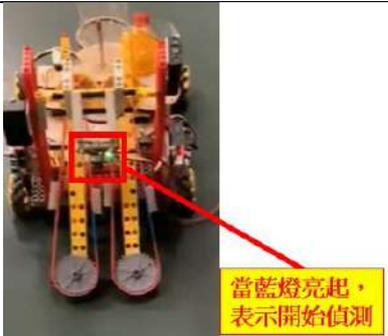
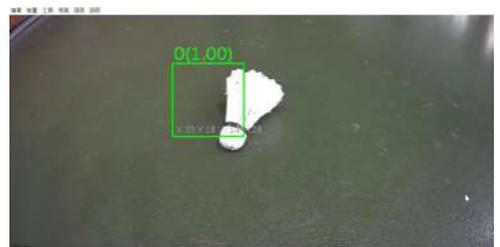
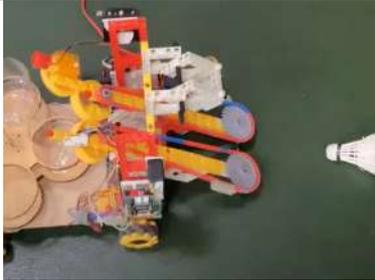
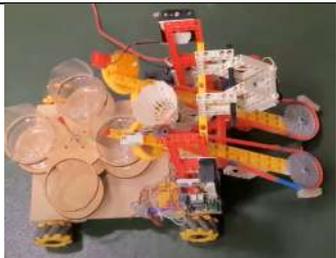
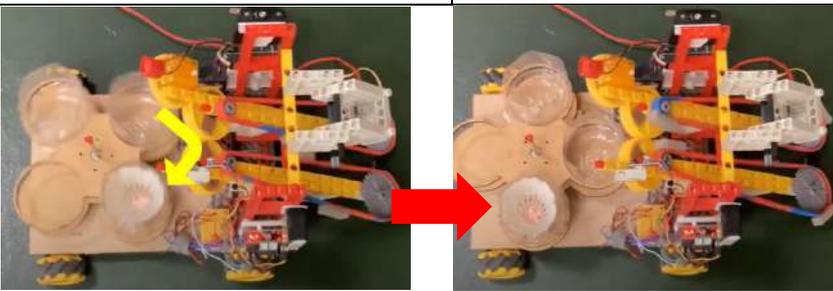
	<p>第三代撿球機</p> <p>功能：用比塑膠更柔軟的矽膠材質鏈條，讓羽毛球在上升不容易勾住。組裝鏡頭，當成功辨識到羽毛球，能去撿取羽球。</p> <p>問題：束線帶用久容易變形，導致撿球成功率下降，且後方集球區空間過小。</p> <p>(圖 71：第三代裝置 資料來源：作者自行拍攝)</p>
	<p>第四代撿球機</p> <p>結合前幾代構造，當影像辨識到羽毛球且到達指定位置時，羽毛球會經由灰色海綿及鍊條順利被撿起，輸送經過紅外線掉入集球筒，並啟動日內瓦機構旋轉，直到觸碰微動裝置停止，這樣能改善束線帶使用久後變形的問題。</p> <p>(圖 72：第四代裝置 資料來源：作者自行拍攝)</p>

二、成品特色

項目	圖片	文字說明
影像辨識		<p>我們利用 Teachable Machine 進行影像辨識的訓練，透過不斷地拍羽毛球的照片並輸入程式，使其能夠偵測到羽毛球。</p> <p>(圖 73：Teachable machine 網頁首頁 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)</p>
Pixetto 鏡頭	 <p>Diagram illustrating the camera's field of view (FOV) setup. The vertical side (對邊) is 22cm, the horizontal side (鄰邊) is 44cm, and the hypotenuse (斜邊) is 22√5cm. The angle x is calculated as $\tan x = \frac{\text{對邊}}{\text{鄰邊}} = \frac{22}{44} = \frac{1}{2}$, resulting in $x \approx 26.565^\circ$. The area is labeled as '視野死角' (blind spot).</p>	<p>最後我們使用照地角度大約為 27 度 (如圖)的位置擺放鏡頭，讓在鏡頭視野範圍內的羽毛球能夠被偵測。</p> <p>(圖 74：鏡頭掃描範圍示意圖 資料來源：作者繪製)</p>

<p>Arduino 程式</p>		<p>透過結合 Arduino 和影像辨識，讓鏡頭偵測到羽毛球後能夠啟動麥克納姆輪，來移動到羽毛球的位置。</p> <p>(圖 75：Arduino 程式介面 資料來源：作者擷取自實驗之電腦畫面)</p>
<p>撿球 機構</p>		<p>利用馬達旋轉黃色大齒輪以及灰色小齒輪轉動，並透過鍊條帶動前方的大齒輪轉動。前方的大齒輪會將球向內轉向裝置，而海綿會夾住羽毛球的球頭，這樣就能夠以不傷害羽毛的方式將球撿起。最後再藉由輸送帶，將球運送到後方集球區。</p> <p>(圖 76：第四代撿球傳動機構 資料來源：作者自行拍攝)</p>
<p>日內瓦 機構</p>		<p>紅外線感應到羽毛球後，會使日內瓦裝置轉四分之一後，碰到微動開關停止，讓羽毛球能平均分布在球桶內，完成能收集成桶的羽毛球。</p> <p>(圖 77：集球裝置圖 資料來源：作者自行拍攝)</p>
<p>手推車</p>		<p>完成撿球機後，發現可以另外將前方機構獨立，當選手練習完成，可以用手推的方法撿球，效率更快，且可以撿特定範圍的羽毛球。</p> <p>(圖 78：手推式撿球裝置 資料來源：作者自行拍攝)</p>

三、實際操作

步驟說明	電腦畫面	撿球狀況
鏡頭啟動後，若亮起藍燈表示偵測到羽毛球		
機器會校正至撿球預備位置		
羽毛球由鍊條與海綿帶起，並被紅外線感應		
進入集球筒，日內瓦裝置旋轉，完成撿球		

表十一：撿球裝置實際操作步驟(表圖片內容皆為作者自行拍攝)

伍、討論

根據我們的目的進行討論與分析:

一、製作撿羽毛球的機構裝置

我們剛開始是運用馬達旋轉皮帶輪撿球，但是羽毛球彈起的角度不固定，因此改用鏈條搭配束線帶。利用此方法球落下的位置較穩定，比較好集中收集羽毛球，但長時間

使用束線帶容易變形，導致無法撿球，因此最後結合前幾代，齒輪會經由灰色海綿的協助，將球向內轉入鍊條並帶起到後端集球箱。

二、如何讓撿球裝置移動

有完成，我們先組裝麥克納姆輪，它轉彎能更順利，讓車體活動靈活，最後利用 Arduino 加上藍芽板寫程式，當手機按下控制按鈕，藍芽板就會接受到命令，透過手機遠端遙控車子行走移動，到達指定位置。

三、探討如何利用影像辨識尋找羽球

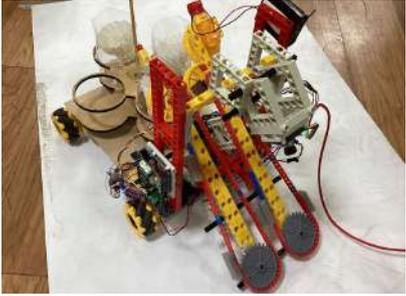
我們先使用 **pixetto** 進行機器學習，但是能訓練影片的數量有限，像是尖嘴鉗與羽毛球形狀相似，所以辨識到的特徵點類似，就容易辨識錯誤。我們又嘗試 **teachable machine** 它能拍攝的數量能達上百張，而且可以調整不同的參數值，訓練好的模型匯入 **pixetto** 的鏡頭，因此準確度較高。

四、製作可以辨識羽球並自動撿起的裝置

透過 **Arduino** 撰寫程式，鏡頭先開啟偵測羽毛球，若位置 x 座標大於數值，車體就移動校正，直到羽球在撿球裝置正前方，車子就向前移動，完成撿球的目的。但有時羽毛球沒辦法一次撿起，如果能加裝感測器，就能確認羽毛球已經到達收集箱。

五、其他

可精進的項目	說明	解決方案
<p>車體穩定度</p>  <p>(圖 79：改良草圖設計 資料來源：作者繪製)</p>	<p>由於我們是使用智高積木與木板搭建撿球機模型，組裝時容易受到積木格數的限制，導致細節無法做到精緻，容易導致車身底板不穩定。</p>	<p>我們認為可以利用 3D 繪圖軟體將撿球機模型描繪出來，再利用 3D 列印將成品印出，讓撿球機能夠一體成形，使用時的穩定度也可以更高。</p>

<p>隱藏線路和控制板</p>  <p>(圖 80：第四代裝置 資料來源：作者自行拍攝)</p>	<p>由於我們的裝置使用許多資訊器材，雜亂線路容易影響作品美觀程度。</p>	<p>設計能夠放控制板的空間並且利用外殼包覆撿球機，將線路隱藏起來，進而讓裝置能夠更加美觀。</p>
<p>視線範圍更廣</p>  <p>(圖 81：電腦畫面截圖 資料來源：作者自行拍攝)</p>	<p>我們目前是讓鏡頭固定，但是這樣鏡頭外部的羽毛球將無法被偵測到。</p>	<p>撰寫程式，若鏡頭前沒有羽毛球，鏡頭能夠 360 度旋轉做偵測，尋找羽毛球。</p>
<p>加長手推的長度</p>  <p>(圖 82：手推式撿球機購 資料來源：作者自行拍攝)</p>	<p>原本的鏈條長度較短，後方能收集羽球的空間較少。</p>	<p>加長鍊條長度，並且調整傾斜角度，使羽毛球收集空間增加，可以完成收集成串的目的。</p>

以上是我們認為能夠再更精進的地方，但由於時間及成本的考量，目前尚為進行製作，未來會繼續朝著個方向努力，讓我們的智慧撿羽毛球機變的更好。

陸、結論

此次研究,我們在撿球機上加裝鏡頭進行影像辨識,辨識完成後,可以根據偵測的羽毛球位置做出平移校正,對準羽球後向前移動。當羽毛球進入 V 型導正架後,球頭會朝向車體,並用馬達旋轉車輪彈射羽毛球進入裝置。但利用馬達彈射,羽毛球落下的位置不固定,且容易撞擊到鏡頭的支架。因此,我們將皮帶輪更改成輸送帶,利用束線帶將羽毛球撈起,並利用輸

送帶運上裝置。不過長期使用，束線帶容易變形，影響收球效果，所以最後結合前幾代裝置，運用傳動機構原理撿球，最後集球箱搭配日內瓦機構，將羽球整列收集。

現在羽毛球撿球機的雛型已完成，可以完成撿球，選手獨自在練習時能透過自動化撿球機在對場撿球，如果練習完畢想一次性大量撿球，可以利用手推車，根據想要的範圍作撿球，速度更快，達到兩用的效果。過程中，我們利用所學的機構與結構設計，製作羽球的收集裝置。運用社團競賽時與資訊課所學習到程式設計，進行影像辨識模型的訓練，在此次研究過程中獲益良多。

目前的影像辨識只是照片的形式，形狀、顏色相似會較難分辨，若能透過提升模型的訓練，讀取畫面，將會更容易辨識物件。裝置也可以增加更多列撿球裝置，加快撿球速度，程式部分可以增加循跡模組，在球場中的指定範圍內移動撿球。最後，在鏡頭沒有偵測到羽球時，可以讓鏡頭做出左右擺動尋找羽球，達成省電又省人力，做出智能化的撿球裝置。

柒、參考資料

- 一、楊明豐. (2016). *Arduino 自走車最佳入門與應用:打造輪型機器人輕鬆學*. 碁峰.
- 二、Pixetto 教學手冊. <https://learn.pixetto.ai/portfolio.html?v=20221013>
- 三、VIA Pixetto 結合 Google Teachable Machine. CAVEDU 教育團隊技術部落格.
<https://blog.cavedu.com/2022/07/14/via-pixetto-google-teachable-machine/>
- 四、麥克納姆輪. 奧斯汀國際. <https://www.oursteam.com.tw/view-product.php?id=132>
- 五、START!AI 智慧小車.
<https://sites.google.com/a/go.pymhs.tyc.edu.tw/startlearning/resource>
- 六、羽置今拾-應用羽球重心斜面力學整列與拋物線的省力收集器 中華民國第 53 屆國中小科學展覽作品
- 七、一羽中的 中華民國第 56 屆國中小科學展覽作品
- 八、賴鴻州. (2014). *Arduino 積木應用(IPOE P1 積木機器人)與專題製作 - 使用 ArduBlock 圖控程式介面*. 台科大圖書.
- 九、國中生活科技課本 康軒版
- 十、國中資訊科技課本 康軒版

【評語】 032805

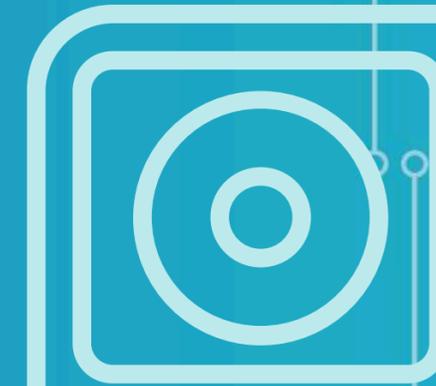
1. 本作品善用現有的積木功能以及辨識系統製作羽球收集器，並持續改進，展現科學實驗精神。
2. 本作品構想良好，實作亦達到所需功能。
3. 若能進一步探討，實際場景下的有效性與時效性，將可更提升其實用性。

作品簡報

羽視推移

運用傳動機構及影像辨識

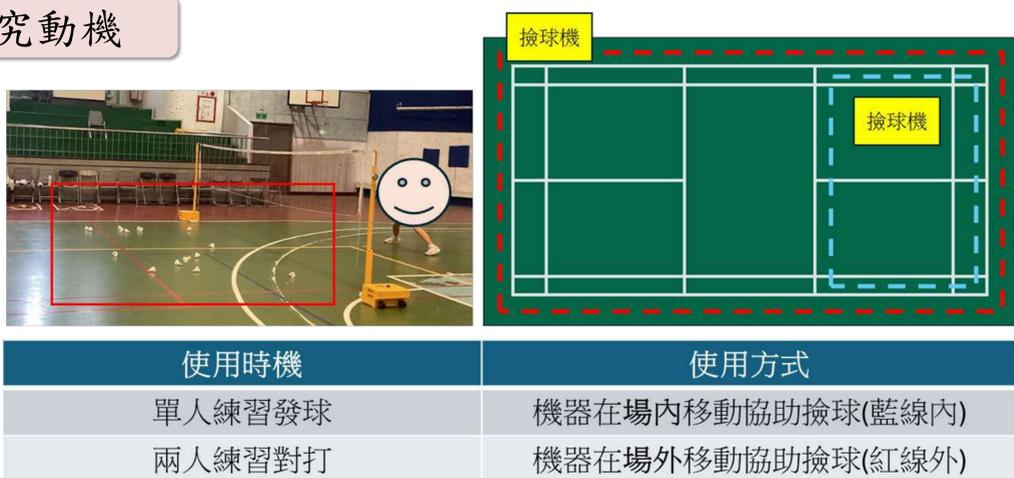
製作自動化羽球收集器



摘要

我們製作一臺能夠自動撿羽毛球的裝置。經歷多次修改與實驗後，使用Pixetto鏡頭與Teachable Machine進行羽毛球的影像辨識，並撰寫程式使車體可移至羽毛球位置，再以齒輪搭配鍊條的傳動機構，在不傷羽毛的情況將球傳送到後方由日內瓦機構做成的集球裝置內。過程中運用機構與結構原理設計車體，以及影像辨識的訓練及程式設計，製作可以自動化撿球的裝置。

研究動機



使用時機	使用方式
單人練習發球	機器在場內移動協助撿球(藍線內)
兩人練習對打	機器在場外移動協助撿球(紅線外)



完成收集

(動機示意圖 來源：作者自行拍攝與繪製)

目前市面上的自動撿球機多半設計為滾輪或機械的爪，這些設計容易對羽毛球造成損傷，進而影響運動品質。我們希望可以設計出一款能夠自動撿球並且不會傷害羽毛的智慧撿球機。

研究目的

- (一) 製作撿羽毛球的機構裝置
- (二) 如何讓撿球裝置移動
- (三) 探討如何利用影像辨識尋找羽毛球
- (四) 製作可以辨識羽毛球並自動撿起的裝置

文獻回顧

有關羽毛球撿球裝置的資料，過去作品主要都是以手動為主，較少是以自動化撿球進行探究。我們這次目標是以影像辨識鏡頭進行判斷，並利用程式自動化控制裝置移動並將羽毛球撿起。

裝置試作

	第一代	第二代	第三代
圖片			
特色與改進方向	運用藍芽版控制車體移動撿球，利用發射器彈射收集羽毛球。 改進：車體移動擺幅較大，不易撿起羽毛球。	運用麥克納姆輪移動車體，已可使用影像辨識蒐集羽毛球。 改進：羽毛球收集過程容易撞到鏡頭支架。	運用束線帶及鍊條製作撿球機構，並可撿取羽毛球。 改進：束線帶容易變形，且會有將羽毛球推出裝置的情況。

(此表格內圖片皆為作者拍攝)

Pixetto 鏡頭模組



(圖：Pixetto 資料來源：作者拍攝)

訓練機器學習模型，視覺感測器並擁有視覺辨識功能，感測內容包含顏色辨識、物體形狀手寫和人脸辨識等功能

麥克納姆輪



(圖：麥克納姆輪車 資料來源：作者拍攝)

轉軸會產生與車軸呈45度的反推力，調節各個車輪獨自的轉動速度，可以實現整個車體前進、橫移、斜行、旋轉等不同運動方式。



在螢幕畫面上看到的範圍是長方形，但因鏡頭有130度廣角設計，實際看到範圍呈現牛角形狀。

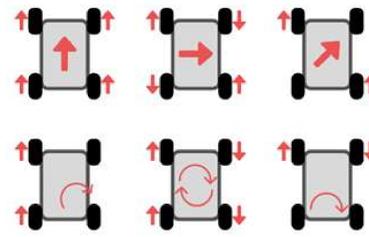
```

#include <Pixetto.h>
#include <AFMotor.h>
AF_DCMotor motor_dc_1(1, MOTOR12_64KHZ);
AF_DCMotor motor_dc_2(2, MOTOR12_64KHZ);
AF_DCMotor motor_dc_3(3, MOTOR34_64KHZ);
AF_DCMotor motor_dc_4(4, MOTOR34_64KHZ);
Pixetto ss(A5, A4);

int i;

// 描述此函數...
void Forward() {
  motor_dc_1.setSpeed(240);
  motor_dc_1.run(FORWARD);
  motor_dc_2.setSpeed(240);
  motor_dc_2.run(FORWARD);
  motor_dc_3.setSpeed(240);
  motor_dc_3.run(FORWARD);
  motor_dc_4.setSpeed(240);
  motor_dc_4.run(FORWARD);
}

// 描述此函數...
void Right() {
  motor_dc_1.setSpeed(240);
  motor_dc_1.run(FORWARD);
  motor_dc_2.setSpeed(240);
  motor_dc_2.run(BACKWARD);
  motor_dc_3.setSpeed(240);
  motor_dc_3.run(BACKWARD);
  motor_dc_4.setSpeed(240);
  motor_dc_4.run(FORWARD);
}
    
```



運用L293D與Ardublockly程式編輯器，設定前後左右的各輪馬達轉速，讓車體可以前後與水平移動。

撿球機構

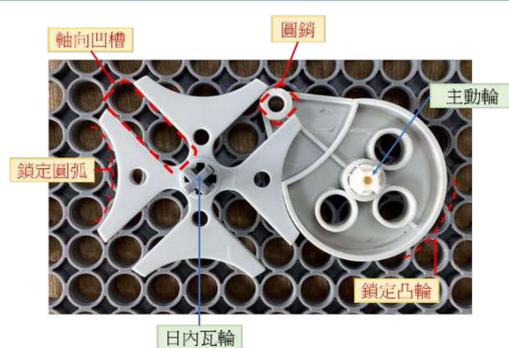


馬達旋轉齒輪透過鍊條帶動前方的大齒輪轉動。鍊條上有灰色海綿可將球向內轉入裝置中。

實驗方式：依照米字形排列，測試羽毛球擺放不同方向，利用撿球機構撿球的機率。

編號	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
羽球角度								
成功率	100%	100%	100%	20%	30%	30%	100%	90%

集球機構



羽毛球掉落到集球桶後主動輪旋轉帶動從動輪旋轉四分之一圈，等圓銷轉動碰到微動開關，日內瓦機構就會停止。

```
AF_DCMotor motor_dc_1(1, MOTOR12_64KHZ);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(9, INPUT);
  k = 1;
}
```

先設定序列單及馬達腳位

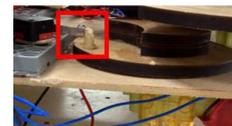
```
void loop() {
  i = (1023 - analogRead(A0));
  j = digitalRead(9);
  Serial.println(String(i) + String(",") + String(j) + String(",") + String(k));
  if (i > 500 && j == 0) {
    k = 1;
    delay(1000);
    motor_dc_1.setSpeed(120);
    motor_dc_1.run(BACKWARD);
    delay(200);
  }
  if (i < 500 && j == 1) {
    k = 0;
    motor_dc_1.setSpeed(255);
    motor_dc_1.run(RELEASE);
  }
}
```

紅外線感測器感測到羽毛球(i>500)微動開關沒有按下 設定k=1

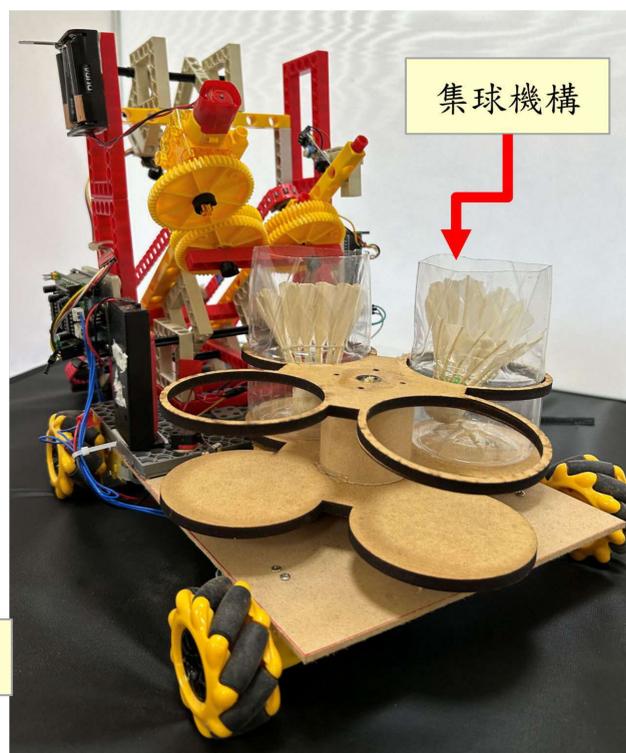
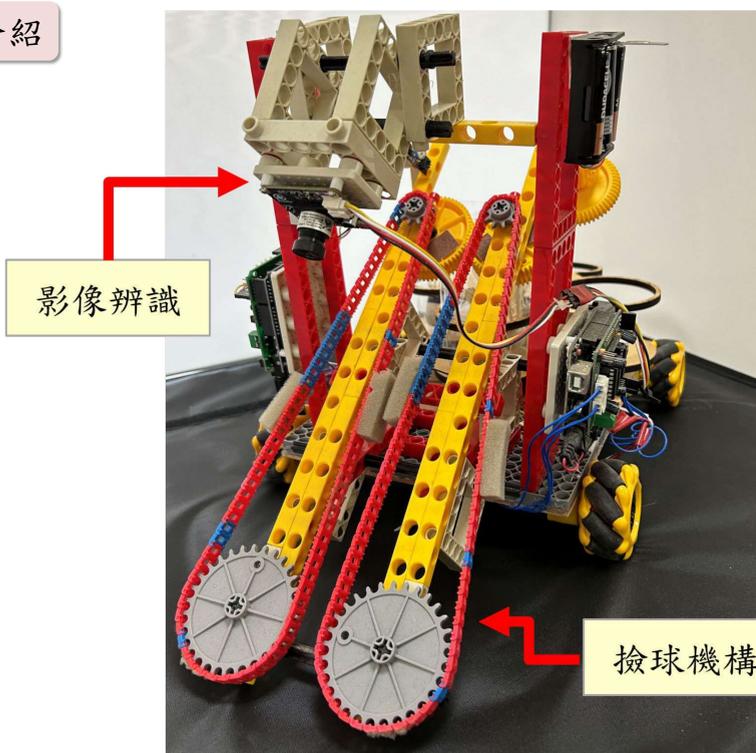
紅外線感測器沒有感測到物件(i<500)微動開關被按下(從動輪轉動一圈) 設定k=0

k=1
馬達持續轉動

k=0
馬達停止

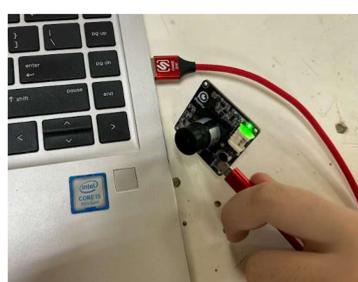
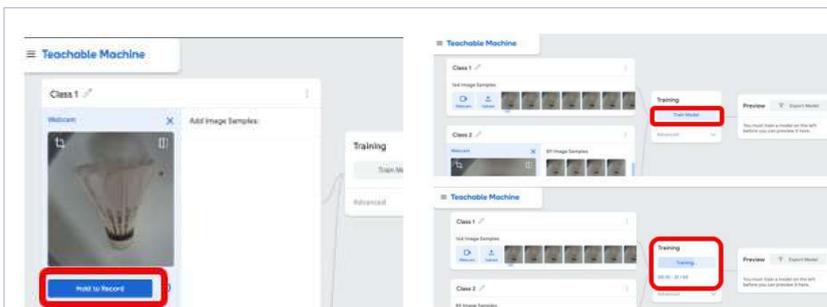


成品介紹



結合前幾代構造，當影像辨識到羽毛球且到達指定位置時，羽毛球會經由灰色海綿及鍊條順利被撿起，輸送經過紅外線掉入集球筒，並啟動日內瓦機構旋轉，直到觸碰微動開關停止。

影像辨識訓練



利用Teachable Machine建立羽毛球的影像模型，搭配Pixetto的鏡頭，將拍攝學習後的模型匯入Pixetto軟體後即可辨識。

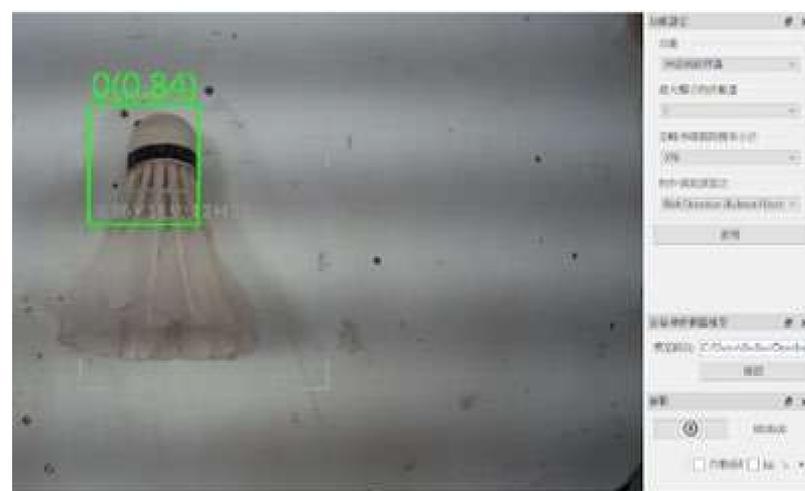
```
void loop()
{
  if (ss.isDetected()) {
    if ((ss.getFuncID() == Pixetto::FUNC_NEURAL_NETWORK && ss.getTypeID() == 0)) {
      i = ss.getPosX();
      digitalWrite(9, HIGH);
      if (i < 35) {
        digitalWrite(13, LOW);
        Left();
        delay(200);
        Stop();
      }
      if (i <= 50 && i >= 35) {
        digitalWrite(13, HIGH);
        Forward();
        delay(1500);
        Stop();
      }
      if (i > 50) {
        digitalWrite(13, LOW);
        Right();
        delay(300);
        Stop();
      }
    }
  }
  else {
    Stop();
  }
  delay(300);
}
```

取得羽毛球所在X座標

若X座標小於35，則車子向左移動

若X座標大於等於35、小於等於50，則車子向左移動

若X座標大於50，則車子向右移動



偵測羽毛球的位置，根據不同位置的x座標，做出校正，直到羽球在裝置前方，裝置就會直接向前，完成撿球。

手推式撿球機



(表格內照片來源皆為作者自行拍攝)

完成撿球機後，發現可將前方機構獨立，用手推的方法撿球，效率更快，且可以撿特定範圍的羽毛球。加長鍊條長度，並且調整傾斜角度，使羽毛球收集空間增加。

實際操作

電腦畫面	撿球狀況	電腦畫面	撿球狀況
鏡頭啟動後，若亮起藍燈表示偵測到羽毛球		機器會校正至撿球預備位置 (表格內照片來源皆為作者自行拍攝)	
		實際測試後， 撿球成功率可達90% (完成辨識並將羽球撿起並進入集球桶內) 未將球撿入的情況如下： 1. 影像辨識到其他物件導致誤判 2. 夾取羽球的位置錯誤 3. 校正後有些微偏差，導致錯過羽球。	
進入集球筒，日內瓦裝置旋轉，完成撿球			

討論

根據原先目的進行討論與分析

✓ 傳動機構	✓ 集球機構	✓ 影像辨識定位	✓ 自動化撿球機	✓ 裝置移動
目標為在不傷害羽毛的情況下將球撿起。由彈射機構到束線帶搭配鍊條撿球，最終利用齒輪傳動機構與灰色海綿，將球撿起。	利用開關、馬達、紅外線模組與日內瓦機構設計集球裝置，將羽毛球收集成串，達成目標。	Pixetto訓練的模型辨識效果不佳。改用Teachable Machine訓練模型匯入Pixetto後使用。辨識效果顯著提升。	影像辨識數據透過Arduino控制馬達移動實現自動化撿球。當鏡頭偵測到羽球，會根據x座標進行校正，向前完成撿球。	原先用藍芽控制兩個車輪但迴轉幅度過大不易控制。之後用四個麥克納姆輪，實現前進、平移動作。

結論

本次研究我們運用機構與結構的知識、競賽與資訊課所學的程式設計，設計製作收集裝置。過程中運用問題解決模式，嘗試各種撿球方案、車體組裝、建立物件辨識模型，經歷多次的測試修正，製作出最後的成品。

自動化羽球撿球機，可藉由Pixetto鏡頭影像辨識羽球及其位置，再控制車體移動到羽球位置進行撿球。撿球的傳動機構，在不傷羽毛的狀況下完成。利用日內瓦機構增加可將撿取的羽球自動收集到四個羽球桶，讓使用者可以無需而外整理。裝置經由測試已可達到90%的撿球成功率。

此裝置在選手獨自練習時，能在對場自動撿球。若練習完畢想一次性大量撿球，可以拆裝前方撿球機構組裝成手推模式，讓使用者多一種方便而高效的撿球選擇。希望未來能強固機構集安全性，提高人工智慧的效能讓其能發揮更多元的功用。

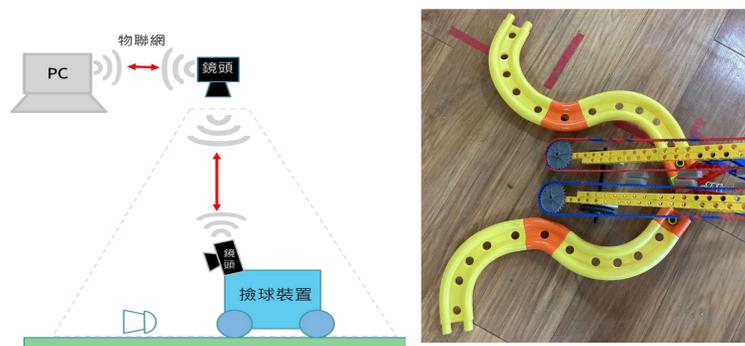
未來展望

目前採用齒輪、鍊條，材料方便取得，之後可用同步皮帶輪，減少鍊條脫落情況。結構支架可用鋁擠配料組裝接合。

鏡頭可以搭配Wifi進行物聯網傳輸，採用高階開發版在車體進行演算，偵測球的落點位置後，快速到達定位撿球。

車體前方可加裝引導結構，增加羽球收集量，提高撿球的效率。

(表格內照片來源皆為作者自行拍攝)



參考資料

- 楊明豐. (2016). Arduino 自走車最佳入門與應用:打造輪型機器人輕鬆學. 基峰.
- Pixetto 教學手冊. <https://learn.pixetto.ai/portfolio.html?v=20221013>
- VIA Pixetto 結合 Google Teachable Machine. CAVEDU 教育團隊技術部落格.
- 賴鴻州. (2014). Arduino 積木應用(IPOE P1 積木機器人)與專題製作 - 使用ArduBlock圖控程式介面. 台科大圖書.