

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

082802

黑白猜一猜，AI 來分開—圍棋 AI 自動分類機

學校名稱： 新北市私立竹林國民小學

作者：	指導老師：
小五 蘇柏叡	易盟貴
小五 王定	
小六 王睿	
小五 林祐臣	
小五 鄭容甄	
小五 呂苡甄	

關鍵詞： 圍棋分類、賓果滾筒、AI 電腦視覺

## 摘要

本作品結合積木、馬達機械結構與 AI 技術自製「圍棋 AI 自動分類機」，將黑白子分類收納，解決下完棋後沒人收拾的問題，我們以自動麻將桌概念為發想，設計 9 項不同實驗，首先以不同裝置測試棋子掉落方式，發現賓果滾筒能有效控制棋子一個一個掉落，其次大量拍攝不同燈光環境下黑白子照片，以 Label-Studio 進行影像標註，撰寫 Python 程式訓練 AI 影像辨識模式並控制伺服馬達轉向，使黑白子依辨識結果正確分類至棋盒。結果顯示「圍棋 AI 自動分類機」分類正確率高達 99%，此外我們也應用於盲用圍棋，協助視障學生收棋，提升下棋便利性與學習意願。本作品不僅展現 AI 應用於日常生活創意實踐，也呼應 SDGs 中促進優質教育目標。

## 壹、 前言

### 一、 研究動機

#### (一)我們下圍棋的困擾：

圍棋是常見益智桌遊之一，可以訓練小朋友的專注力、鍛鍊心性及增強邏輯推理能力等優點。經研究統計 2014 年臺灣下圍棋人口已超過 150 萬人(潘台成，2014)，而 2023 年杭州亞運許皓鋐奪下圍棋金牌後，更是在臺灣帶動一股圍棋風潮，我們也實際調查學校一到六年級學生，收到有效問卷共 987 份，有超過六成（619 人）的小朋友會在課餘時間下棋(包含圍棋、五子棋及黑白棋)，但是小朋友們下完棋後，時常會為了誰收棋子而吵架，甚至不把棋子收好就離開，讓爸媽很生氣。

#### (二)我們的創意發想—圍棋 AI 自動分類機：

我們開始思考大人打麻將有自動麻將桌可以幫忙整理麻將，為什麼圍棋沒有自動整理設備能夠幫我們把黑子跟白子分別收好呢？而且從我們學校問卷調查結果也顯示有 35.7%的小朋友認為收棋麻煩及 91.6%的小朋友希望可以有一台自動分類機，於是我們開始動手規劃製作一個可以自動整理圍棋的機器，解決沒有人願意收棋而吵架的困擾。

#### (三)圍棋 AI 自動分類機作為教育輔具之應用

依據永續發展目標中(SDGs)的第 4.5 項目標：消除教育中的一切歧視，我們參訪特殊教育學校，實際了解盲用圍棋黑白子的差別及視障學生如何下圍棋，深入訪談後了解若有圍棋 AI 自動分類機，將可幫助視障學生下完棋後輕鬆收拾棋子，大大減少他們收棋時間及增加他們下棋頻率，讓身心障礙的小朋友下棋時阻礙可以更少一些。

## 二、文獻回顧

在規劃製作一個可以自動整理圍棋的機器前，我們先到國立台灣科學教育館科展資訊管理系統查詢近年製作機器人及 AI 等相關作品說明書。謝家濤(2024)等人使用機器學習方法，做出一個家務輔助機器人收拾居家玩具，他們以問卷調查 100 個家庭，其中有約 80%的家裡都有小朋友玩具亂丟的困擾，因此他們以人工智慧(AI)鏡頭以及紙板自製收納機器人，並測試其收納方式與能力。洪子甯 (2024) 等人以 AI 影像辨識技術辨識乒乓球的位置，並以滾筒式自走機器人收集乒乓球，這個設計的動機與我們的圍棋自動分類機相似，同樣都是為了解決某項活動後的用品收納問題；張余阡 (2021) 等人設計出在水溝中自行行走並且撈取水溝中子子的裝置，並設計了 11 個實驗，了解水溝清理積捕捉子子的成功率與效率，並解決所發現的問題；王苡蕎 (2021) 等人以 AI 技術辨識捕捉到的蚊子是不是病媒蚊的一種，其中使用 Teachable Machine 進行影像訓練與模型建置；廖培茗 (2023) 等人使用 Web:Bit 開發板偵測水龍頭漏水，並及時把資訊傳送到雲端，可以長期紀錄學校用水情形。

由以上的作品說明書回顧發現，AI 的應用已逐漸進入我們生活當中，透過簡易的網路工具，例如：Teachable Machine 等，可快速且準確的辨識目標物，而如何將這些資源整合在一起，創造出解決生活困擾的創意工具，就是我們製作自動整理圍棋機器最主要的精神。

## 三、研究目的及實驗設計

我們想要製作一個自動整理圍棋的機器，可以把一堆混雜的棋子經 AI 影像辨識後自動分出黑子與白子，並且正確地放到黑子盒與白子盒中。因此我們討論並且規劃以下的研究步驟、問題以及對應之實驗，如表 1 及圖 1 所示：

表 1. 研究步驟、提問、實驗與對應學科整理

步驟	提出的問題	實驗	對應學科	對應教育領域
1. 棋子整理	如何讓棋盤上一堆混雜的黑白子一個一個落在輸送帶上？	實驗一：棋子落下方式—漏斗及自製塑膠管道	翰林自然五上：力與運動[摩擦力]	科學
		實驗二：棋子落下方式—賓果滾筒	翰林自然五上：生活中的力[地球引力]	科學
	黑子與白子落下時的成功率？	實驗三：棋子落下個數	翰林數學五上：生活中的統計圖	數學
2. 棋子輸送	輸送帶的速度要多慢才有足夠時間辨	實驗四：落下棋子間的間隔距離	翰林數學六下：認識速率[速度]	科學 數學

	識？		翰林自然五上：力與運動[速度]	
3. 棋子影像辨識	如何標籤影像中的黑子與白子？	實驗五：棋子影像取得與標籤實驗	電腦課程	應用科技
	如何訓練影像辨識模式？	實驗六：影像辨識模式訓練實驗	電腦課程	應用科技
4. 區分黑白棋子並分別放入黑白子棋盒	實作完成後，圍棋自動分類機的正確率有多少？	實驗七：棋子在不同間距讓伺服馬達驅動轉盤轉向成功率	翰林自然六下：簡單機械[電腦控制] 翰林數學五上：生活中的統計圖	數學
		實驗八：棋子分類正確率		數學
5. 教育輔具應用	可以應用在盲用圍棋上嗎？	實驗九：教育輔具之應用—分類盲用圍棋	SDGs 4 確保有教無類、公平以及高品質的教育，及提倡終身學習	社會

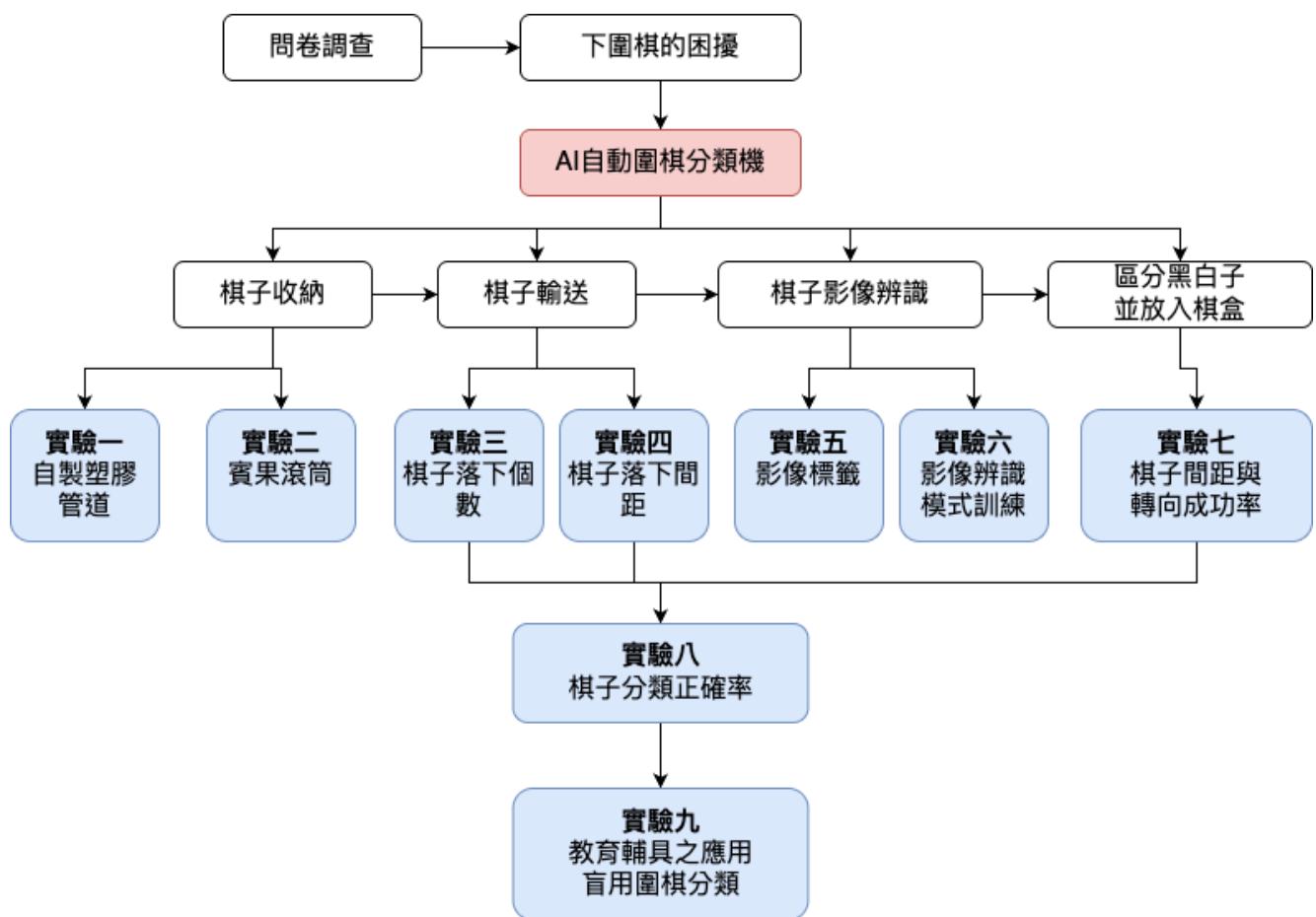


圖 1. 研究流程圖

## 貳、研究設備與器材

### 一、研究設備架構介紹

我們製作的自動整理圍棋機器架構可分為四個部分（如圖 2）：

- (一) 棋子整理：下完棋後，將自製棋盤上「一堆」混雜黑白子「一個一個」落在輸送帶上。
- (二) 棋子輸送：將一個一個棋子以適當速度輸送到鏡頭底下準備進行影像辨識。
- (三) 黑白子影像辨識：利用樹莓派電腦與鏡頭進行黑白子辨識。
- (四) 區分黑白子並分別放入黑白子棋盒：辨識黑白子後驅動伺服馬達，將黑白子正確放入黑白子盒內。

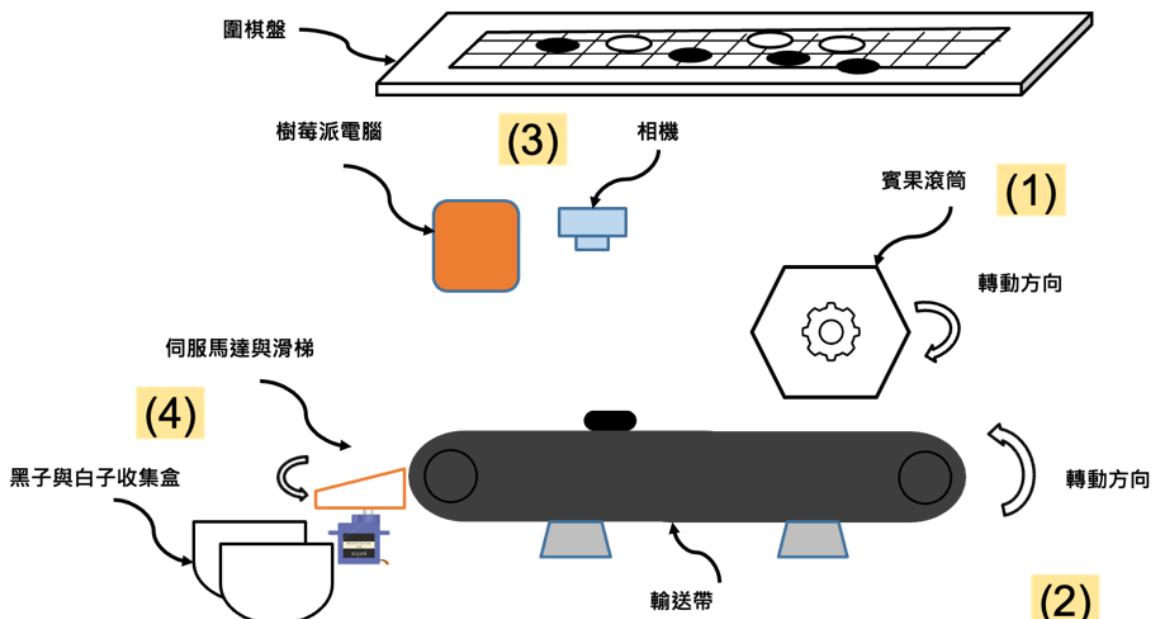


圖 2. 研究設備架構構想圖與電腦繪製之側視圖

### 二、研究器材

本研究各項實驗所需的自製器材、電子零件及相關配件器材等，如圖 3 所示：

自製折疊 13 路棋盤	鐵製漏斗與糖果襪	自製角度測量板	自製塑膠管道
減速馬達	減速馬達輪	自製輸送帶	圍棋黑白子
樹莓派電腦板	樹莓派鏡頭	積木	樂高積木底板
自製賓果滾筒	積木齒輪組	鋁製轉軸	盲用圍棋
鐵製 C 型夾	SG90 伺服馬達	自製轉盤	舵機驅動板

圖 3. 研究設備與器材圖

## 參、 研究方法及結果

### 一、 棋子整理

#### (一) 實驗一：棋子落下方式—漏斗及自製塑膠管道

1. 實驗目的：將棋盤上「一堆」混雜的黑白子，倒入不同進入角度及不同開口大小之塑膠管道，測試棋子落下速度，達到棋子可「一個一個」落在輸送帶上，並且依序進入影像辨識程序準備分類。
2. 實驗工具：鐵製漏斗與糖果襪、自製角度測量板及自製塑膠管道
3. 實驗步驟：
  - (1) 取 20 顆棋子，放進已設定好角度的漏斗中(0 度開始為垂直向下)，漏斗下方連結自製塑膠管道，塑膠管道下方開口分別有 2 公分與 3 公分(先進行開口 2 公分之實驗)，測量並記錄棋子通過個數與時間，重複三次
  - (2) 更改漏斗角度至 30 度，測量並記錄棋子通過個數與時間，重複三次
  - (3) 更改漏斗角度至 60 度，測量並記錄棋子通過個數與時間，重複三次
  - (4) 更換自製塑膠管道為開口 3 公分之管道，重複步驟 1 至步驟 3。
4. 實驗結果：

實驗設備製作過程、實驗進行過程與數據記錄的照片如圖 4 所示，實驗一之數據整理如圖 5。結果可以發現塑膠管道開口 2 公分時，因為開口較小，通過個數隨著傾斜角度增加而減少，當角度為 0 度時(垂直向下)，20 顆棋子平均 18 顆可以順利通過，但是當角度為 60 度時，平均只剩下 10 顆棋子可以通過，通過率僅剩 50%，其他的棋子會因為摩擦力而停在管道上；使用開口 3 公分的塑膠管道時，則不管角度為 0 度、30 度或是 60 度，全部 20 顆棋子都會通過，通過率 100%，但是開口 3 公分時，棋子通過時間太快，都不到 0.4 秒就全數通過了。



圖 4. 實驗一實驗進行與數據紀錄

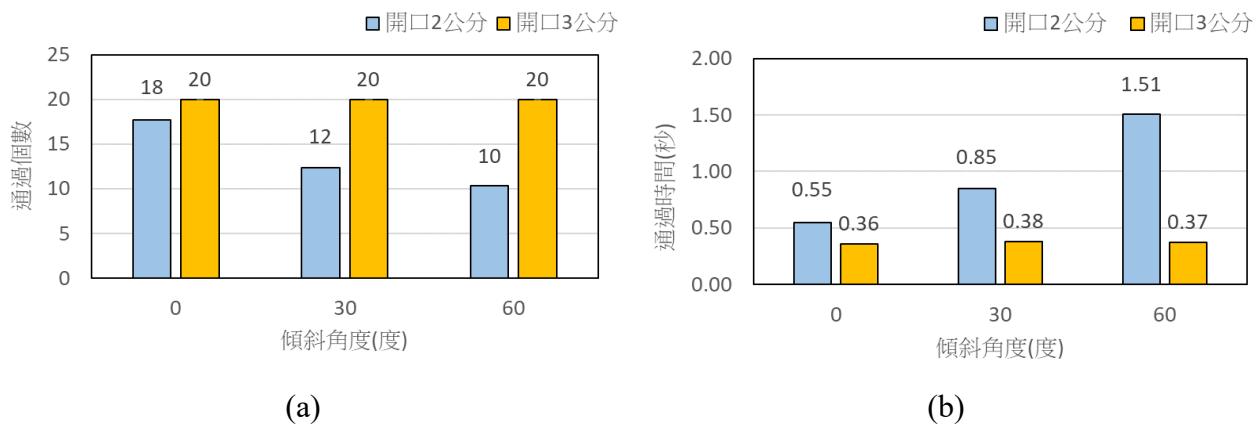


圖 5. 棋子經由漏斗與塑膠管道落下之(a)通過個數與(b)通過時間

## (二) 實驗二：棋子落下方式—賓果滾筒

1. 實驗目的：將棋盤上「一堆」混雜的黑白子直接倒入滾筒，透過滾筒連續轉動，達到棋子可「一個一個」落在輸送帶上，並且依序進入影像辨識程序準備分類。
2. 實驗工具：自製賓果滾筒、鋁製軸心、積木齒輪組及減速馬達
3. 實驗步驟：
  - (1) 自製賓果滾筒，樣版來源（參考文獻資料：圖片資料來源 1）（圖 6）：依據 Cardboard Play 提供的樣版再修改成適合我們圍棋大小的賓果滾筒，加上鋁製軸心。
  - (2) 以積木橡皮筋兩端分別連結於鋁製軸心齒輪及減速馬達齒輪，利用摩擦力驅動滾筒。
  - (3) 取 10 顆棋子，放進賓果滾筒，啟動開關，紀錄棋子在滾筒滾動的情形
4. 實驗結果：

以瓦楞紙板製自製之賓果滾筒內部結構如圖 7。在自製滾筒實驗中我們發現，賓果滾筒中最為關鍵的部分為「落子機關」，如圖 6 中 B-1 至 B-7 的部分，實品請見圖 7，落子機關的運作方式請見圖 8 與圖 9。我們在測試及製作許多不同大小及高度的落子機關後，終於成功透過滾筒裝置將「一堆」混雜的黑白子「慢慢」及「一個一個」掉落在輸送帶上，賓果滾筒應用於棋子整理確實可行，這個結果讓我們相當興奮，接著我們將在下一個實驗進行落子個數實驗。

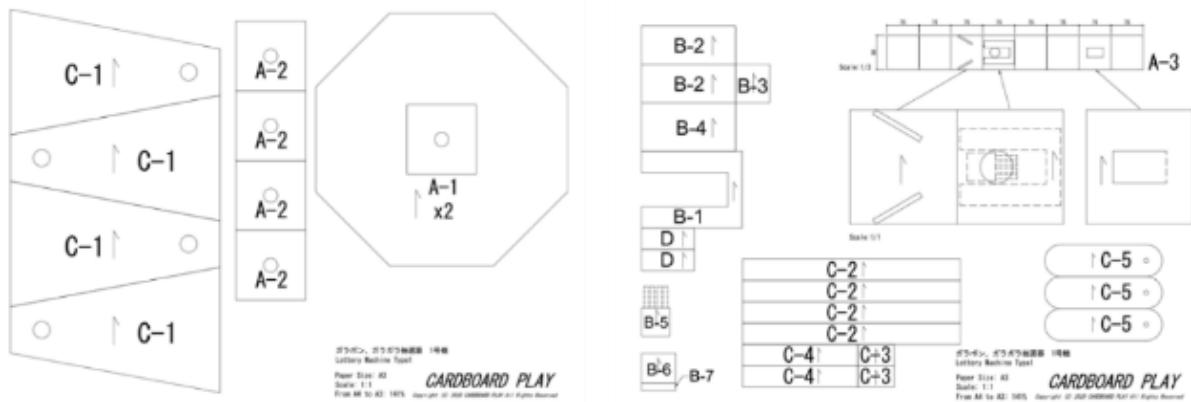


圖 6. 自製賓果滾筒樣板（參考文獻資料：圖片資料來源 1）

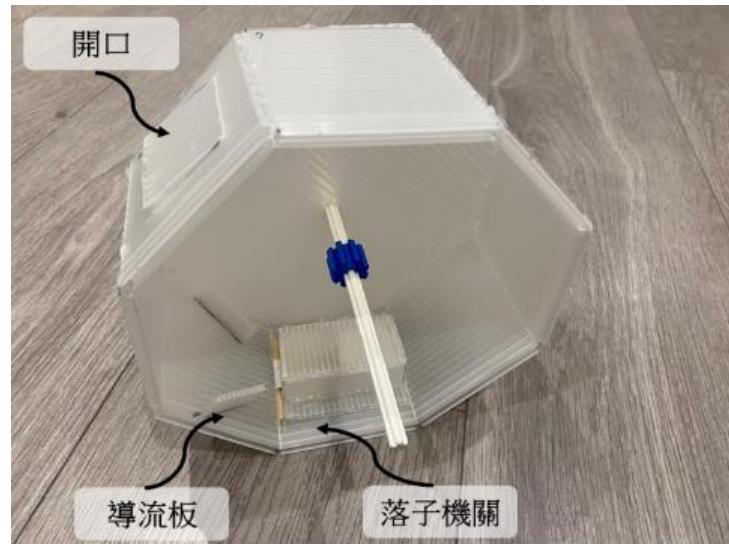


圖 7. 自製賓果滾筒內部結構

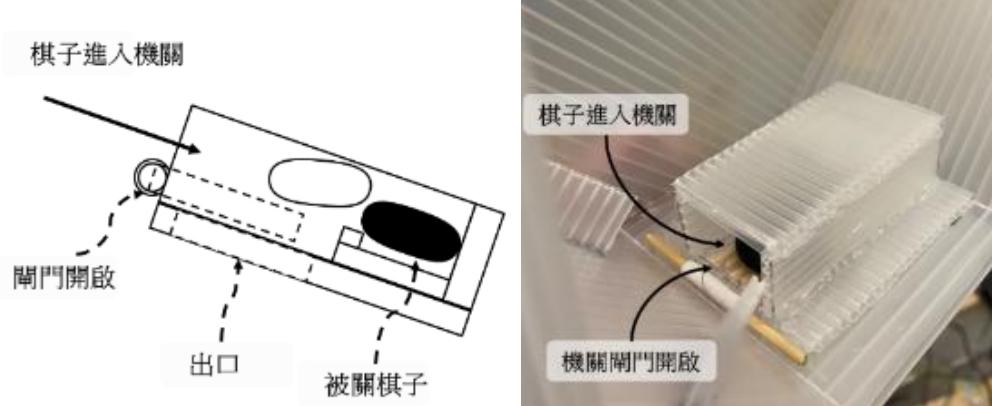


圖 8. 落子機關在轉動過程中閘門開啟而棋子進入機關時的情形

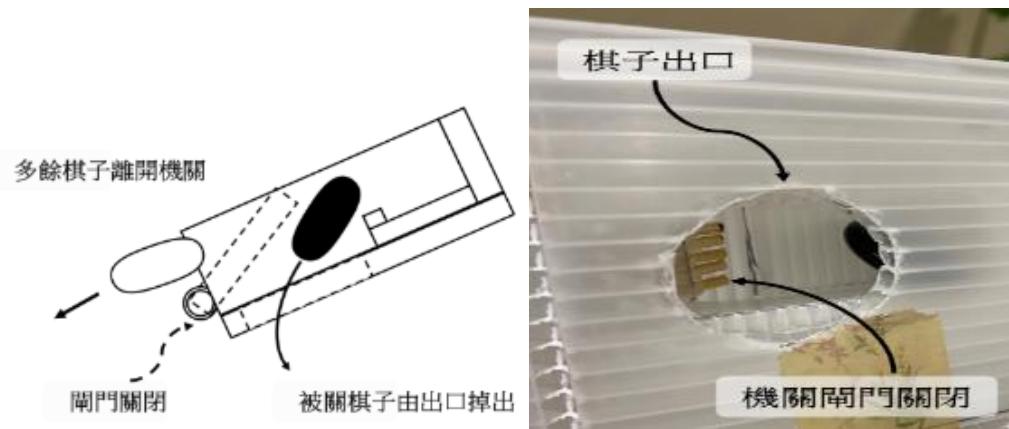


圖 9. 落子機關繼續轉動，閘門關閉而被關棋子由出口調出的情形

### (三) 實驗三：棋子落下個數

1. 實驗目的：觀察滾筒掉出棋子的個數，計算後續影像辨識黑白子的可能成功率
2. 實驗工具：自製賓果滾筒、積木橡皮筋、積木、鋁製軸心、減速馬達及自製輸送帶
3. 實驗步驟：
  - (1) 兩人一組，由一人取 10 顆棋子，放進賓果滾筒中，啟動滾筒，另一人記錄每圈落下的棋子個數，結束後交換工作。
  - (2) 換下一組同學，重複前一步驟
4. 實驗結果：
 

本實驗進行的過程如圖 10 所示，由於我們希望棋子能夠一個接著一個通過鏡頭進行影像辨識是黑子或是白子，因此我們需要紀錄滾筒每圈掉出的棋子個數。六位同學分別記錄每圈掉下的棋子個數分別記錄於表 2 與圖 11。統計時我們只算到最後一顆棋子掉出來為止，因此表 2 中六組的總圈數為 84 圈；我們發現滾筒並不是每一圈都會順利掉出棋子，84 圈中有 41 圈沒有掉出棋子，佔了將近一半（約 49%），有掉出棋子的圈數為 43 圈，在這 43 圈中，有 28 圈是掉出一顆棋子的，約佔 65%（約 28/43）；有 13 圈是掉出兩顆棋子的情形，約佔 30%（約 13/43）；剩下的 2 圈則是掉出 3 顆棋子，約佔 5%（約 2/43）。

由於有 35% 的機會掉出的棋子超過兩顆，因此我們進一步考慮掉出的棋子的顏色：

  - (1) 掉出兩顆的可能情形共有 4 種，分別是兩個白色、兩個黑色，以及一白一黑與一黑一白，如表 3 所示，我們假設相同顏色可以百分之百正確分

類，所以如果兩個棋子是相同顏色，經由輸送帶到影像辨識後，應可以被分在正確的收集盒中(兩黑與兩白)，因此影像辨識可能成功率為 30% 的一半 (約 15%)。

(2) 掉出三顆棋子的可能情形共有 8 種，如表 3 所示，其中只有 2 種，分別是三個黑色與三個白色，我們一樣假設相同顏色可以百分之百正確分類，因此影像辨識可能成功率約為 5%的四分之一 (約 1%)

總計在滾筒實驗中，棋子掉落在輸送帶後，送往鏡頭辨識時，可能成功辨識的機率約有 81%。



圖 10. 棋子落下個數實驗時的情況

表 2. 棋子在滾筒中每圈落下的顆數

組 次	圈數																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	0	0	1	2	1	0	0	1	1	2	1	0	1			
2	0	0	0	2	0	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	2	2	0	0	0	2	1	1					
4	0	0	0	1	1	1	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
5	1	1	0	2	2	1	0	3									
6	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	0	0	0	3	1		

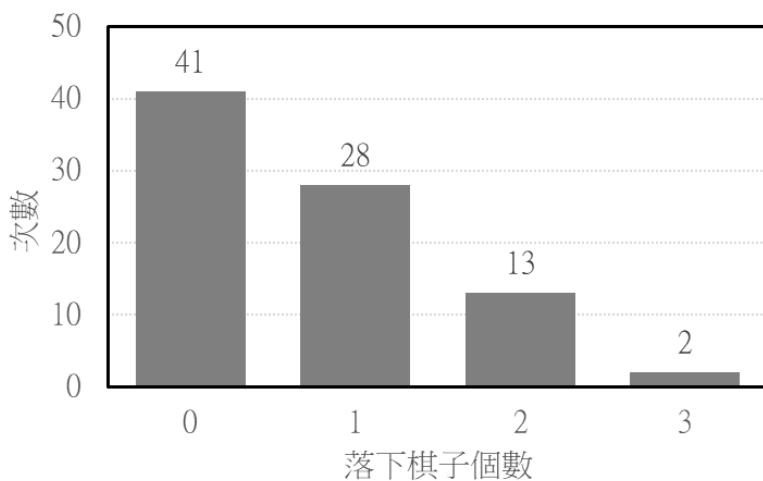
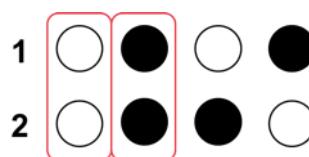
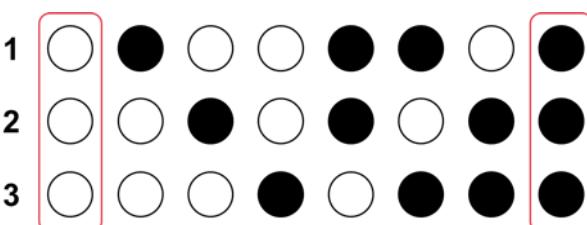


圖 11. 滾筒每圈中棋子落下各數統計直條圖

表 3. 滾筒落下棋子對於影像辨識可能成功率之統計

滾筒落下 棋子個數	可能情形	影像辨識 可能成功率
1	○ 或 ●	$\frac{28}{43} \approx 65\%$
2	<p>掉下兩顆，共有四種可能性，可以成功辨識的機會是 50%。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 兩顆都白色[可以辨識成功]</li> <li>● 兩顆都黑色[可以辨識成功]</li> <li>● 第一顆黑色(第二顆白色) [可能辨識失敗]</li> <li>● 第一顆白色(第二顆黑色) [可能辨識失敗]</li> </ul> <p>1 </p>	$\frac{13}{43} \times \frac{2}{4} \approx 15\%$
3	<p>掉下三顆棋子，共有八種可能性，可以辨識成功的機會是 25% (2/8)</p> <p>1 </p>	$\frac{2}{43} \times \frac{2}{8} \approx 1\%$
合計		81%

## 二、棋子輸送

### (一) 實驗四：落下棋子間的間隔距離

1. 實驗目的：觀察滾筒掉出的棋子落在輸送帶後棋子間的間隔距離
2. 實驗工具：自製賓果滾筒、積木橡皮筋、積木、鋁製軸心、減速馬達、自製輸送帶
3. 實驗步驟：

(1) 兩人一組，由一人取 10 顆棋子，放進賓果滾筒中，啟動滾筒，另一人以手機進行慢動作錄影，由影片中估算兩個棋子中心於尺上刻度的間隔距離。

(2) 換下一組同學，重複前一步驟，共有三組

4. 實驗結果：

實驗過程如圖 12 所示，三組所完成的實驗數據如表 4 所示，統計發現落於輸送帶的棋子平均間隔距離約為 9 公分、中位數為 7 公分及眾數為 5 公分，由統計結果可知仍約有 50% 的機率會發生棋子間距小於 7 公分。

表 4. 棋子掉落於輸送帶上之間隔距離

間隔	棋子之間的距離(公分)		
	第一組	第二組	第三組
1	16	4	20
2	3	17	18
3	4	20	9
4	5	5	6
5	7	8	3.5
6	5.5	8	6
7	2	8	14
8	10.5	1	15
9	20	6	0.5



圖 12. 棋子間隔實驗時的情況

### 三、 棋子影像辨識

#### (一) 實驗五：棋子影像取得與標籤

1. 實驗目的：使用樹莓派相機拍攝棋子通過輸送帶畫面
2. 實驗工具：自製賓果滾筒、自製輸送帶、樹莓派電腦與相機、Label-Studio 網頁
3. 實驗步驟：
  - (1) 每人將黑白棋子隨機放在輸送帶上，並操作樹莓派電腦拍攝棋子照片
  - (2) 拍照後隨機更動棋子數量與位置，再次拍照，重複此動作完成 30 張照片
  - (3) 換下一位同學，重複前一步驟，共取得 180 張照片
  - (4) 將設備帶到另一環境，由於光源的位置與角度不同，再次拍攝照片。
  - (5) 全部完成拍攝後，將照片上傳至 Label-Studio 網頁，由每位組員標記黑子與白子。
4. 實驗結果：

本實驗進行時必須先準備及設定樹莓派電腦與鏡頭，我們使用家裡的積木玩具做出支架，並把樹莓派電腦放上去，再利用積木做出延伸手臂，架設樹莓派的相機，讓他向下拍攝黑白棋照片如圖 13。本實驗所蒐集的棋子照片如圖 14，左邊 9 張照片為在小朋友家中拍攝，光源來自正上方，因此可以看到有黑色陰影區，右邊 9 張圖片則是在學校拍攝，光源較為均勻，沒有明顯的陰影區。我們總共拍攝蒐集照片共 180 張，將這些照片都上傳到 Label-Studio 網頁中，並利用網頁的標籤工具，框選黑子與白子，如圖 15 所示。圖 16 是我們在標註棋子時的情形，標註完成後會得到黑白棋子位置的資訊，我們可直接下載為訓練 YOLO 模式所需要的壓縮檔，壓縮檔中包含影像以及標註檔。

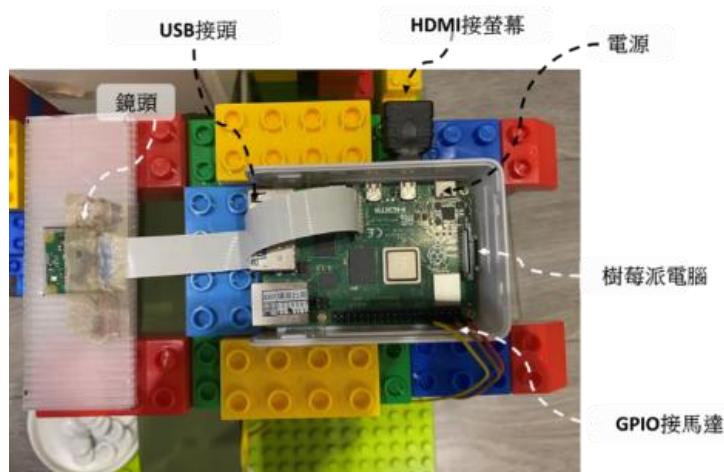


圖 13. 樹莓派 4 電腦與鏡頭架設、伺服馬達銜接 GPIO 進行控制

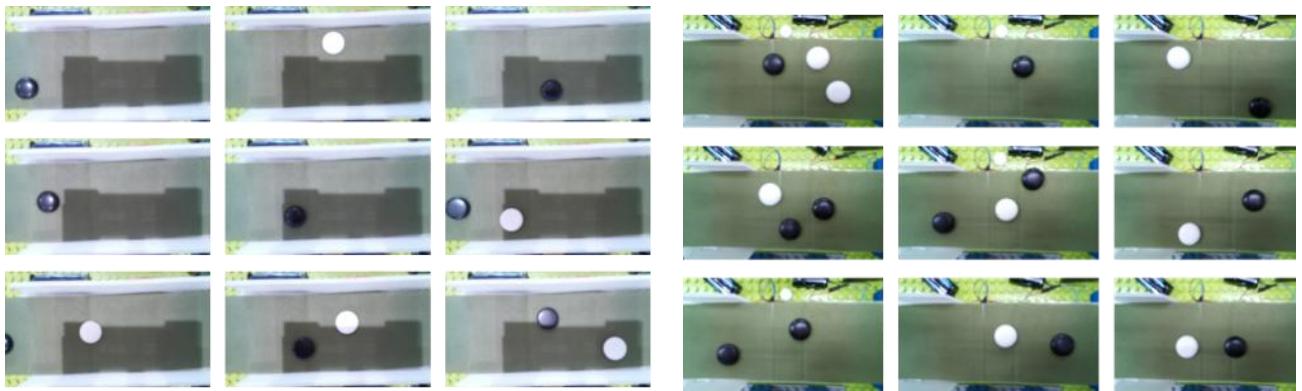


圖 14. 不同光源環境拍攝之照片

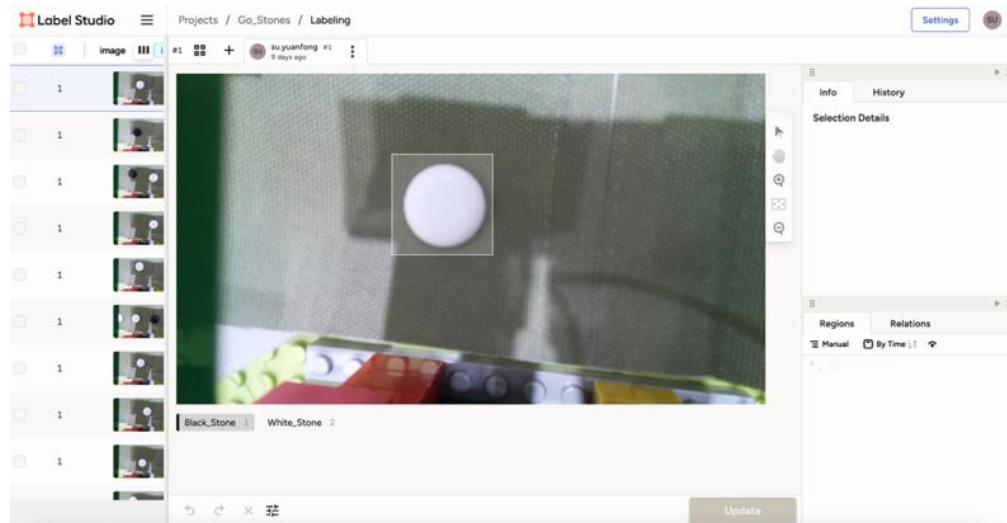


圖 15. Label-Stuido 網頁上標註黑子與白子



圖 16. 教授指導我們拍攝影像與標註黑白棋子

## (二) 實驗六：影像辨識模式訓練

1. 實驗目的：以大量黑白子影像與標註資料，進行 YOLO 辨識模式訓練
2. 實驗工具：Colab 網頁
3. 實驗步驟：
  - (1) 將影像與標註檔 (data.zip) 上傳至 Colab 頁面
  - (2) 開始 YOLO11n 影像辨識模式的訓練，程式參考自 Edje Electronics (參考文獻資料：網路資料 8 )
  - (3) 訓練完畢後將得到最佳的模式檔，稱為 best.pt
  - (4) 將 best.pt 檔案複製到樹莓派電腦中，並轉換為 ncnn 格式
  - (5) 在樹莓派電腦以 Python 執行影像辨識的程式
4. 實驗結果：

參考上述影片的介紹與所附的 Python 程式，我們選擇最快速也最簡易的 YOLO11n 作為黑白棋子辨識模式，使用我們在影像標註實驗中拍攝的照片訓練模式，把訓練好的模式檔(best.pt)存到樹莓派電腦中，並轉換格式為 ncnn 格式，以利在樹莓派電腦上使用。影像辨識程式啟動執行後，當有黑子與白子經過鏡頭前，便會自動框選黑子與白子，並在右上方顯示模式辨識的信心度，滿分是 100，數字越高代表越有信心辨識成功為黑子或是白子，如圖 17 黑子與白子的辨識類別都正確標記，且信心度都達 88%以上。圖 17 的左上方，顯示的數字稱為每秒圖數(Frame per second, FPS)，經測試結果，樹莓派每秒可以處理 1.4 張影像。另外圖中還有一條垂直紅線，這條線是用來啟動伺服馬達轉動方向來區分黑白棋子的線，當棋子往左通過紅線時，將會依據這顆棋子是黑子還是白子，轉動伺服馬達，讓棋子掉落在正確的收集盒中。

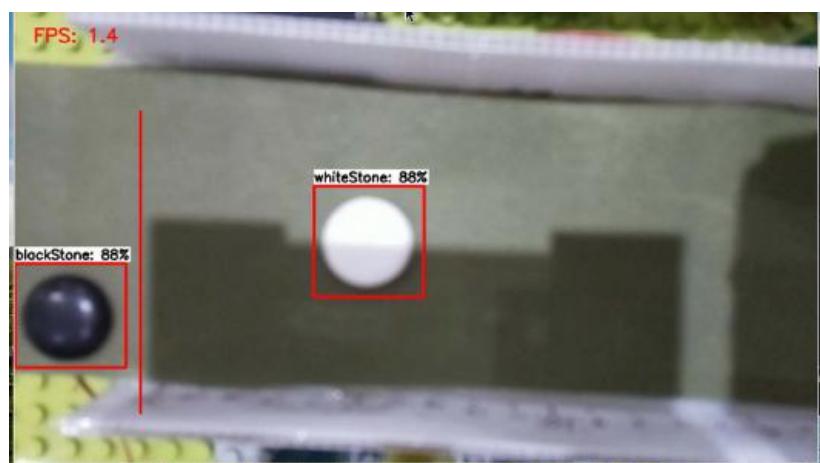


圖 17. 樹莓派 4 所辨識的黑子與白子 (FPS 為 1.4)

## 四、區分黑白棋子

### (一) 實驗七：棋子在不同間距讓伺服馬達驅動轉盤轉向成功率

1. 實驗目的：找出影像辨識後，黑白棋需要相距多少公分以上，才能有足夠時間讓伺服馬達驅動轉盤轉向，讓黑白棋收納至相對應棋盒中。
2. 實驗工具：自製輸送帶、樹莓派電腦與相機、伺服馬達、轉盤及圍棋黑白子
3. 實驗步驟：
  - (1) 樹莓派電腦以 Python 執行影像辨識的程式
  - (2) 每位同學拿一個黑子與一個白子
  - (3) 放在輸送帶上，測試黑白棋間隔分別為 6、7、8、9 公分
  - (4) 啟動輸送帶，觀察黑白棋子在不同間距是否有足夠時間讓伺服馬達驅動轉盤轉向
  - (5) 每位同學進行五次實驗，換下一位同學，重複步驟 1~4

#### 4. 實驗結果：

本實驗進行時會先把黑白棋子放在輸送帶上，透過輸送帶旁的尺，將刻度對準棋子中心，如圖 18 所示。統計一個黑子與一個白子在不同間隔時（6、7、8、9 公分）是否有足夠時間可以讓伺服馬達驅動轉盤轉向如圖 19，結果發現當兩顆不同顏色的棋子之間相距 7 公分以下時，伺服馬達驅動轉盤轉向的成功率只有 57%，但是當棋子相距 8 公分時成功率則可大大提高到 97%（如圖 20）。



圖 18. 分類黑白棋子之間距進行時以尺的刻度對準棋子中心

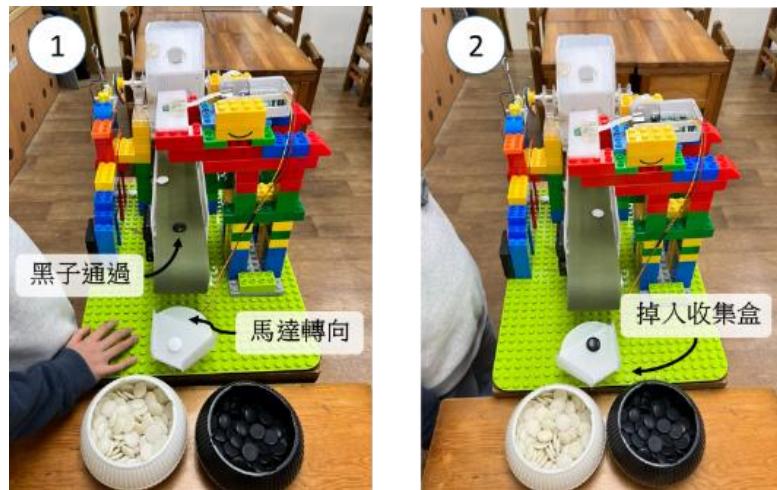


圖 19. 當棋子從鏡頭前通過時，伺服馬達會依據辨識結果驅動轉盤轉向，讓棋子掉入收集盒

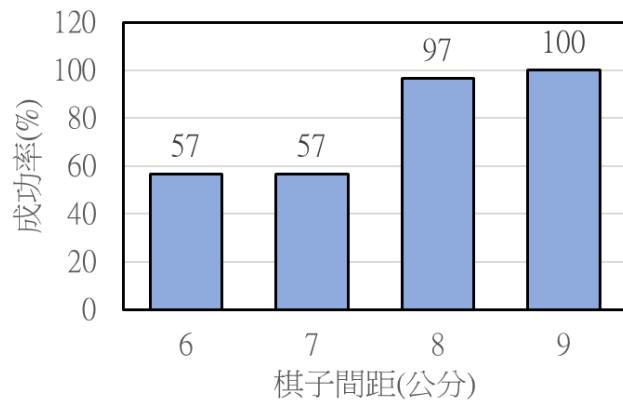


圖 20. 不同黑白棋間距於伺服馬達驅動轉盤轉向成功率

## (二) 實驗八：棋子分類正確率

1. 實驗目的：修正實驗 2 至實驗 7 所遭遇困難，提高分類正確率
2. 實驗工具：圍棋 AI 自動分類機、圍棋黑白子、舵機驅動板
3. 實驗步驟：
  - (1) 將樹莓派 4 更換為樹莓派 5
  - (2) 加上舵機驅動板 (PCA-9685)
  - (3) 修改 Python 程式邏輯，判斷黑白子後等待 0.6 秒，再送出轉向訊號至舵機驅動版
  - (4) 以樹莓派 5 執行影像辨識的程式
  - (5) 每位同學拿 15 顆黑子、15 顆白子，放進賓果滾筒中，開啟設備
  - (6) 紀錄黑子與白子正確掉在棋盒的正確率
  - (7) 每位同學完成兩組後，換下一位同學重複步驟 5~6

#### 4. 實驗結果：

為加速影像計算速度，我們把樹莓派 4 電腦換成了更高階的樹莓派 5 電腦，並加上了舵機驅動板(PCA-9685)，並修改 Python 程式邏輯，經過反覆測試後，找出判斷黑白子通過紅線後需等待 0.6 秒，再送出轉向訊號至舵機驅動板，即可大幅提升分類正確率(表 5)，整體正確率約為 99% (178/180)，標準偏差為 0.8%，且棋子間距為 0 公分時也能正確分類。另外樹莓派 5 的運算速度可達到 FPS 為 8.17 (圖 21)，將近是樹莓派 4 的 6 倍。

表 5.修正後圍棋分類結果

同學 A		真正類別			同學 B		真正類別		
		黑子	白子	小計			黑子	白子	小計
分類後	黑子	30	0	30	分類後	黑子	29	0	29
	白子	0	30	30		白子	1	30	31
	小計	30	30	正確率= $\frac{30+30}{60} = 1.00$		小計	30	30	正確率= $\frac{29+30}{60} = 0.98$
同學 C		真正類別			同學 D		真正類別		
		黑子	白子	小計			黑子	白子	小計
分類後	黑子	30	0	30	分類後	黑子	29	0	29
	白子	0	30	30		白子	1	30	31
	小計	30	30	正確率= $\frac{30+30}{60} = 1.00$		小計	30	30	正確率= $\frac{29+30}{60} = 0.98$
同學 E		真正類別			同學 F		真正類別		
		黑子	白子	小計			黑子	白子	小計
分類後	黑子	30	0	30	分類後	黑子	30	0	30
	白子	0	30	30		白子	0	30	30
	小計	30	30	正確率= $\frac{30+30}{60} = 1.00$		小計	30	30	正確率= $\frac{30+30}{60} = 1.00$

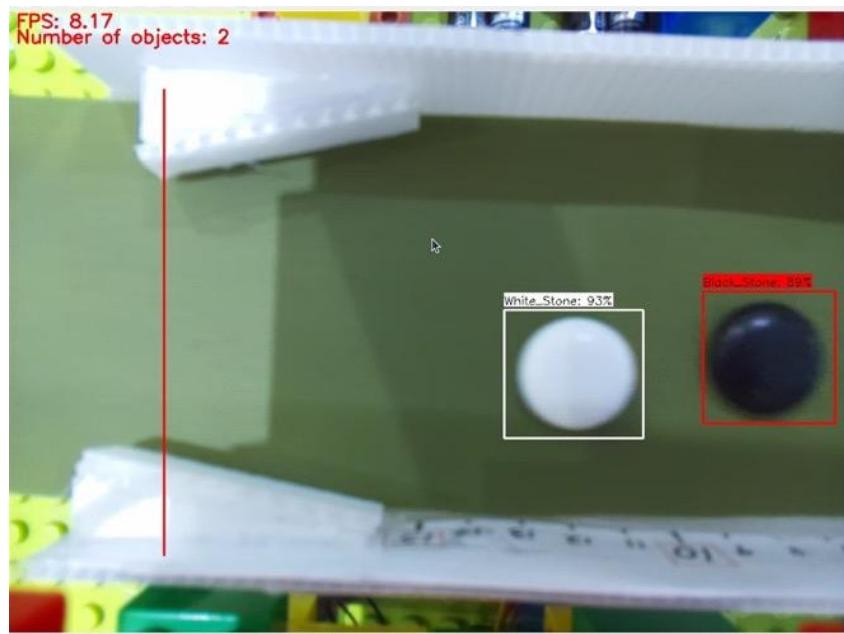


圖 21. 樹莓派 5 標註出的黑子與白子 (FPS 為 8.17)

### (三) 實驗九：教育輔具之應用，分類盲用圍棋

1. 實驗目的：測試圍棋 AI 自動分類機使用於盲用圍棋的成功率
2. 實驗工具：圍棋 AI 自動分類機、盲用圍棋
3. 實驗步驟：
  - (1) 拍攝盲用圍棋影像共 60 張，並以實驗 5 與實驗 6，再次訓練 YOLO 模型，並放到樹莓派 5 電腦中。
  - (2) 每位同學拿 15 顆黑子、15 顆白子，放進賓果滾筒中，開啟設備
  - (3) 紀錄黑子與白子正確掉在棋盒的正確率
  - (4) 每位同學完成兩組後，換下一位同學重複步驟 2~4
4. 實驗結果：

盲用圍棋的大小與一般圍棋相近，重量則只有一般圍棋的約 40%，但是盲用圍棋的背面有凹槽，黑子正面則有一凸點（圖 22），為了讓 YOLO 模式能更即時的辨識出盲用圍棋與一般圍棋的差異，我們拍攝了 60 張盲用圍棋的影像，並以實驗 5 及實驗 6 的方法，結合一般圍棋的標註結果，一共 240 張影像，再次訓練 YOLO 模式，並放到樹莓派 5 電腦中使用。結果顯示影像辨識時，盲用圍棋與一般圍棋都可以有相當好的辨識，而最後分類正確率也可達 99%（表 6）。



圖 22. 盲用圍棋

表 6. 應用於盲用圍棋分類結果

同學 A		真正類別			同學 B		真正類別		
		黑子	白子	小計			黑子	白子	小計
分類後	黑子	29	0	29	分類後	黑子	30	0	30
	白子	1	30	31		白子	0	30	30
	小計	30	30	$\frac{29+30}{60} = 0.98$		小計	30	30	$\frac{30+30}{60} = 1.00$
同學 C		真正類別			同學 D		真正類別		
		黑子	白子	小計			黑子	白子	小計
分類後	黑子	30	1	31	分類後	黑子	30	0	30
	白子	0	29	29		白子	0	30	30
	小計	30	30	$\frac{30+29}{60} = 0.98$		小計	30	30	$\frac{30+30}{60} = 1.00$
同學 E		真正類別			同學 F		真正類別		
		黑子	白子	小計			黑子	白子	小計
分類後	黑子	30	0	30	分類後	黑子	30	0	30
	白子	0	30	30		白子	0	30	30
	小計	30	30	$\frac{30+30}{60} = 1.00$		小計	30	30	$\frac{30+30}{60} = 1.00$

## 肆、 研究討論

依據各實驗結果我們進一步詳細討論實驗的發現、遭遇到的問題以及解決的方法等；各實驗與實驗結果之關聯彙整如圖 23。

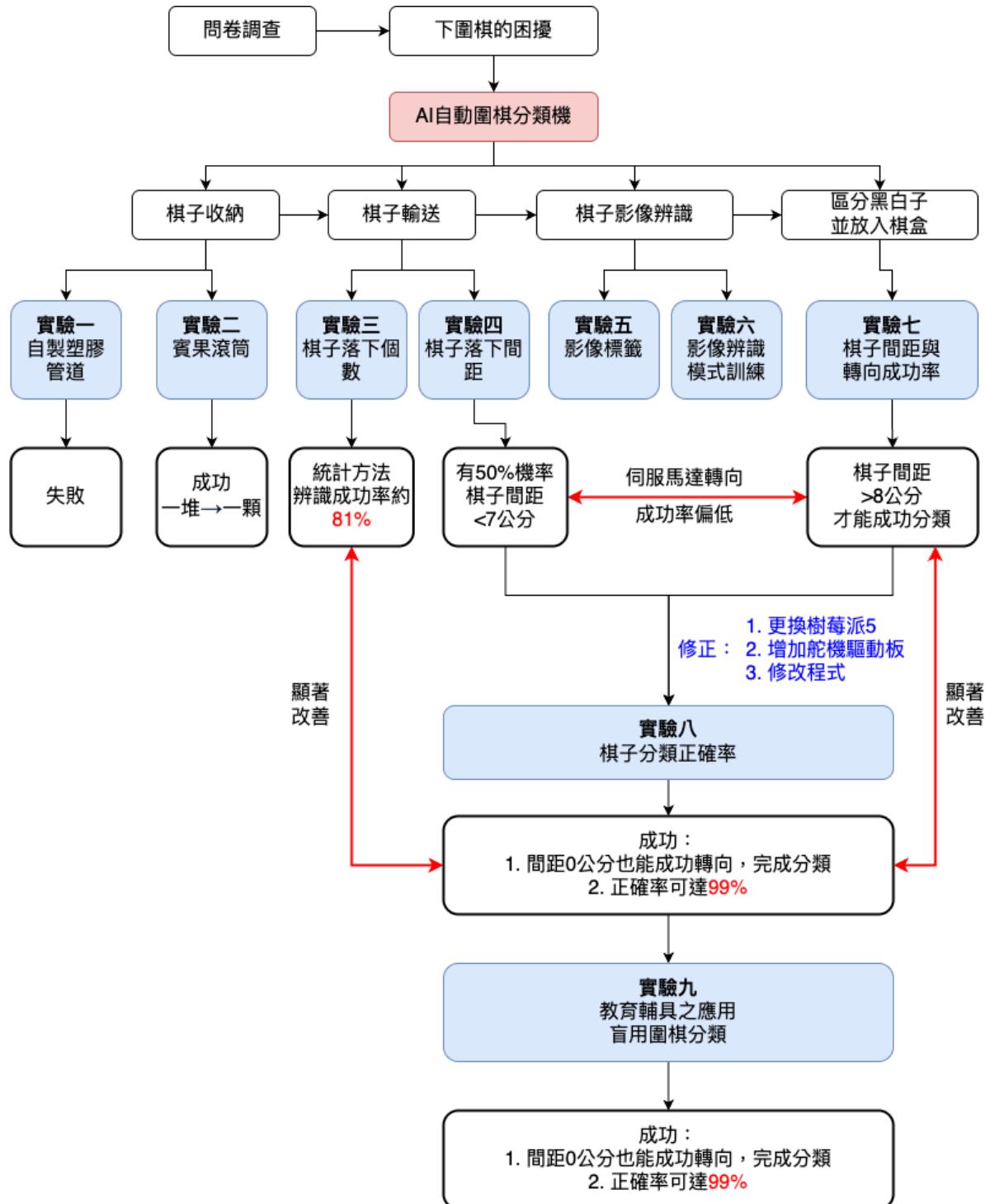


圖 23. 各實驗與實驗結果之關聯圖

## 一、關於實驗一：棋子落下方式—漏斗及自製塑膠管道

### (一) 實驗結果討論：

本作品的第一個實驗就是思考如何透過一個「簡單」裝置達成讓「一堆」的黑白棋子「一個一個」落在輸送帶上，依序排列進入影像辨識程序？我們一開始想到的辦法是使用漏斗連接自製塑膠管道，透過改變棋子倒入不同進入角度及不同開口大小之塑膠管道，改變棋子落下速度，讓原本成堆的棋子能「一個一個」落在輸送帶上，但是經過反覆測試後發現，當塑膠管道開口為 2 公分時，因開口太小會有棋子卡在管道上的情形，當開口增加為 3 公分時，棋子通過速度又太快（圖 24），即使改變棋子不同進入角度，20 顆棋子落下速度依舊不到 0.4 秒就全部掉落在輸送帶上，沒有辦法讓棋子能「慢慢」及「一個一個」掉落。這次的實驗讓我們學習到要透過簡單的裝置把「一堆」的黑白棋子轉換成「一個一個」慢慢落在輸送帶上，看似簡單，但實際操作後發現相當困難，我們也曾嘗試於塑膠管道內貼上防滑條增加摩擦力來降低棋子落下速度，或是在塑膠管道下方再加入風車裝置期望棋子可以一個一個依序落下，但結果都失敗。

### (二) 實驗遭遇困難與解決方法：

我們無法順利讓一堆棋子慢慢一個一個掉到輸送帶上，因為這是剛開始的第一個實驗就困難重重無法成功，一度讓我們非常灰心，就在我們試過很多方法仍然失敗時，突然有一天同學想到了家裡的賓果滾筒玩具，感覺可以試試看。



圖 24. 塑膠管道落子所遭遇的問題

## 二、關於實驗二：棋子落下方式—賓果滾筒

### (一) 實驗結果討論：

在自製滾筒實驗中，我們發現賓果滾筒最為關鍵的部分為「落子機關」。落子機關中有一個活動閘門，這個閘門在滾筒滾動過程中會受到重力的作用而開啟，此時棋子將順著導流板引導進入落子機關中，機關中有一個凹槽可以容納一顆圍棋，如果有多餘的棋子進入機關也沒關係，當滾筒持續轉動，閘門會再受到重力作用而關閉，這時候多餘的棋子因閘門關閉也會自然的離開機關，而被關住的棋子則會由出口掉出，這就是賓果滾筒可以一次掉出一顆棋子的主要關鍵。

因此我們依據 Cardboard Play 提供的樣版，不斷地進行修改才找到最適合「圍棋」尺寸大小的落子機關（因為原本的賓果滾筒是針對「球體」設計），在測試過程中遇到了機關入口太小棋子無法進入機關、凹槽太大造成一次進入數個棋子、閘門開啟與關閉都卡卡不順暢等問題（如圖 25），經過我們多次調整修正落子機關的大小及高度後，最後終於成功透過自製賓果滾筒裝置將「一堆」混雜的黑白子「慢慢」及「一個一個」掉落在輸送帶上。

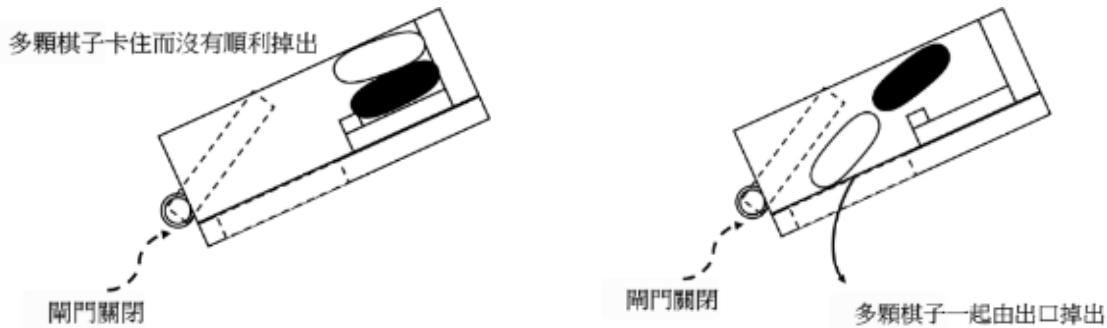


圖 25. 落子機關可能發生的異常情形

### (二) 實驗遭遇困難與解決方法：

在實驗過程中，我們發現落子機關會影響棋子掉落的順暢度，所以不斷地拆卸修改滾筒裝置測試，這必須要有相當耐心，也相當耗費時間，也讓我們明白一個小小修改就會影響到整個落子機關是否能成功運作，牽一絲而動全網，牽一髮而動全身的道理。另外我們也看觀察到賓果滾筒有時候會一次掉出兩顆或三顆棋子，這也讓我們有點擔心當兩顆或三顆棋子太接近時，我們的機器能不能即時分類正確，於是我們想要統計一下棋子掉落的個數及棋子間距。

### 三、關於實驗三：棋子落下個數

#### (一) 實驗結果討論：

從賓果滾筒棋子落下個數的實驗中，我們發現平均每兩圈才會掉出棋子，而掉出棋子的情況可以分為掉出一顆(65%)、兩顆(30%)或三顆(5%)，如圖 26，再統計所有掉出兩顆與三顆棋子的可能情形，可以推算出分類至黑白棋盒的正確率約 81%(假設棋子顏色一樣才可以正確分類)，雖然尚有改善的空間，但是相對於實驗一的漏斗及自製塑膠管道實驗，20 顆棋子不到 0.4 秒就全數通過，無法一個一個慢慢掉落，因此我們對於賓果滾筒平均每兩圈才會掉出棋子這個結果感到滿意。

#### (二) 實驗遭遇困難與解決方法：

我們曾經測試加快滾筒轉速，但發現轉速太快會因為離心力關係所有棋子都貼在滾筒邊緣，無法落下；另外棋子掉下到輸送帶時，有時會因為滾筒的轉動慣性，甩出棋子往其他方向，有時會跑到輸送帶外，為了解決這個問題，我們在輸送帶旁邊跟後面加上了擋板。另由實驗結果可知滾筒一次掉出兩顆或三顆棋子機率約 35%，因為擔心距離過於接近電腦來不及正確分類，於是我們將進一步統計棋子掉下來時的間距。

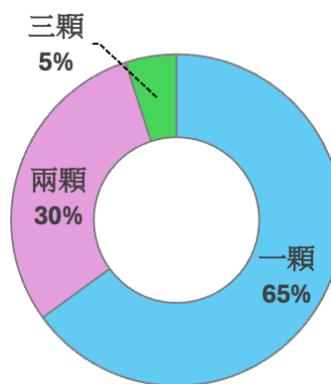


圖 26. 落下棋子個數百分率圖

### 四、關於實驗四：落下棋子間的間隔距離

#### (一) 實驗結果討論：

實驗四我們再進一步考慮滾筒中的棋子掉在輸送帶上時兩個棋子之間的距離，我們發現棋子間距平均為 9 公分、中位數為 7 公分及眾數為 5 公分，由統計結果可知仍有接近 50% 的機率會發生棋子間距小於 7 公分。後續我們將加入棋子影像辨識的實驗，再推算棋子通過鏡頭時，有多少操作時間可以進行黑白子的

影像辨識，並完成將棋子分類到正確顏色的棋盒中。

## (二) 實驗遭遇困難與解決方法：

我們發現棋子掉下時還是有大約 30%的機率間距會小於 5 公分，有接近 50%的機率間距小於 7 公分（如圖 27），再依據實驗三結果滾筒一次掉出兩顆或三顆棋子機率約 35%，我們擔心樹莓派電腦是否有足夠運算能力能即時辨識黑白棋子，為實際了解莓派電腦運算能力，我們開始拍攝黑白棋子的照片，並準備訓練我們的 AI 影像辨識模式。

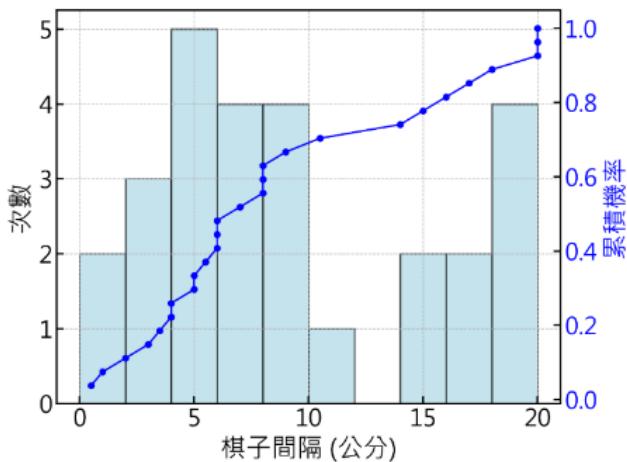


圖 27. 棋子間隔距離之統計直條圖

## 五、關於實驗五：棋子影像取得與標籤實驗

### (一) 實驗結果討論：

由於樹莓派電腦的設定、鏡頭架設及影像標示技術我們並不熟悉，於是我們找到影像辨識專長的大學教授請教相關問題，並且邀請教授到學校指導我們進行影像的標註及影像辨識的實驗，藉由教授的上課講解，讓我們了解什麼是樹莓派電腦，透過樹莓派相機薄薄的一片就可以拍出照片，另外使用 Label-Studio 網頁可以把自己拍的照片，分別標註出黑子與白子，以及拍攝照片越多樣（燈光環境不一樣）可以讓後續的影像辨識訓練範本越多，影像辨識成功機率就會越高，這些有關 AI 科技的知識讓我們獲益良多。

## 六、關於實驗六：影像辨識模式訓練實驗

### (一) 實驗結果討論：

這個實驗必須應用 Python 程式，我們在學校電腦課已有學習使用 Scratch 來設計製作電腦遊戲，但對於寫 Python 程式碼來辨識黑白子啟動伺服馬達並轉至正

確棋盒收納並不了解，因此教授也跟我們說明介紹 Python 程式，透過 Colab 網頁練習撰寫程式，學習數字比較、迴圈、條件判斷等程式技巧，並帶領我們完成影像模式辨識訓練實驗，這些學校沒有教過的內容讓我們學到很多有趣的應用工具。後續我們將再測試影像辨識後，黑白棋需要相距多少公分以上，才能有足夠時間讓伺服馬達驅動轉盤轉向。

## (二) 實驗遭遇困難與解決方法：

我們一開始並不懂 Python 程式，不知道應該從何著手，不過經過教授多次仔細的跟我們介紹，並帶著我們操作之後，我們學到 Python 可以很快計算很多數學式，教授也帶著我們訓練 AI 影像辨識模式，發現模式可以成功框出黑子跟白子，但可能因為樹莓派 4 電腦計算速度不夠快，當要控制伺服馬達時，可發現影像處理的速度變得更慢，畫面會有停頓的感覺（如圖 28），也許需要使用運算更快的樹莓派 5 電腦。

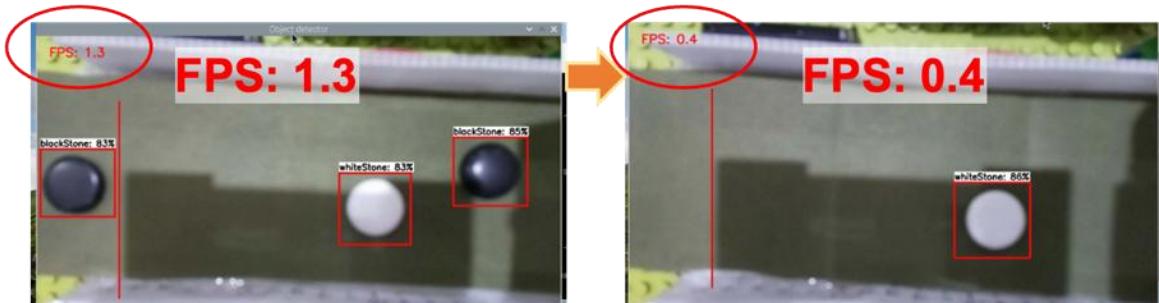


圖 28. 樹莓派 4 計算速度不夠快，影像處理辨識速度變慢

## 七、關於實驗七：棋子在不同間距讓伺服馬達驅動轉盤轉向成功率

### (一) 實驗結果討論：

這個實驗我們發現不同顏色棋子間距超過 8 公分時，才有足夠時間且成功率達 97% 以上讓伺服馬達驅動轉盤轉向；另外我們也計算自製輸送帶的平均速率約為 6 公分/秒，因此可推論，當賓果滾筒掉落下來的棋子經輸送帶傳送至樹莓派鏡頭影像辨識後，二個黑白棋需要至少相距 8 公分以上，才可以成功讓伺服馬達驅動轉盤轉向，將棋子收納至對應棋盒中。

### (二) 實驗遭遇問題及解決方法：

我們發現不同顏色棋子間距至少要超過 8 公分才能有足夠時間讓伺服馬達驅動轉盤轉向，但從實驗四結果又有約 50% 的機率會發生棋子間距小於 7 公分，因此我們必須想辦法解決棋子間距太短無法成功讓伺服馬達驅動轉盤轉向問題，

經過討論後，這可能跟電腦辨識速度太慢與訊號不穩定有關係，所以我們決定更換計算速度更快的樹莓派 5 電腦，並且加上舵機控制板，嘗試加快辨識速度。

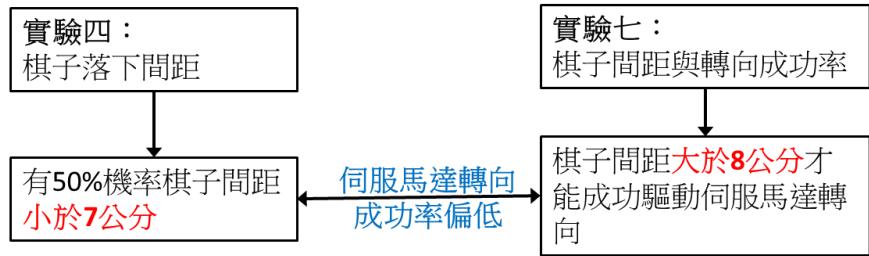


圖 29. 伺服馬達轉向成功率偏低問題

## 八、關於實驗八：棋子分類正確率

### (一) 實驗結果討論：

在這個實驗中，我們彙整了實驗二至實驗七所遭遇的問題，主要進行了三項修正，分別是（1）將樹莓派 4 升級為樹莓派 5；（2）加上舵機驅動板；（3）改善 Python 程式邏輯。經由這三項改善之後，樹莓派 5 的運算速度大幅提升至 FPS 為 8.17，約為樹莓派 4 的 6 倍（如圖 30(a)）；使用舵機驅動板，可以讓伺服馬達的訊號穩定，幾乎不會抖動，而且時間排程控制上更為精準，對於程式邏輯有較好的執行結果。因此即使是前後相連的兩個黑白棋子（棋子間距 0 公分），修正後的機器也能正確辨識成功（圖 30(b)與圖 31）。修正後的圍棋 AI 自動分類機，分類正確率可穩定的達 99%（圖 30(c)），6 次實驗的正確率標準差約為 0.8%，顯示我們的圍棋 AI 自動分類機具有很高的重現性，可以穩定的正確分類黑白棋子。

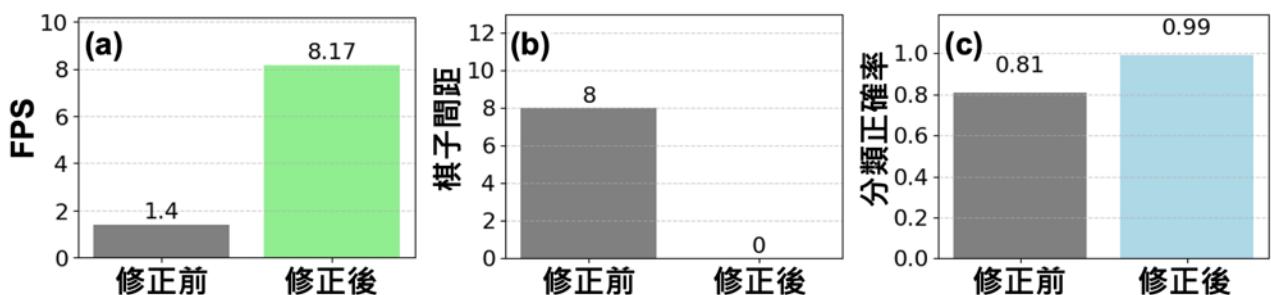


圖 30. 修正前後差異(a)影像處理速度(FPS)；(b)可成功辨識黑白子的間距；(c)分類正確率，各項表現都有顯著改善

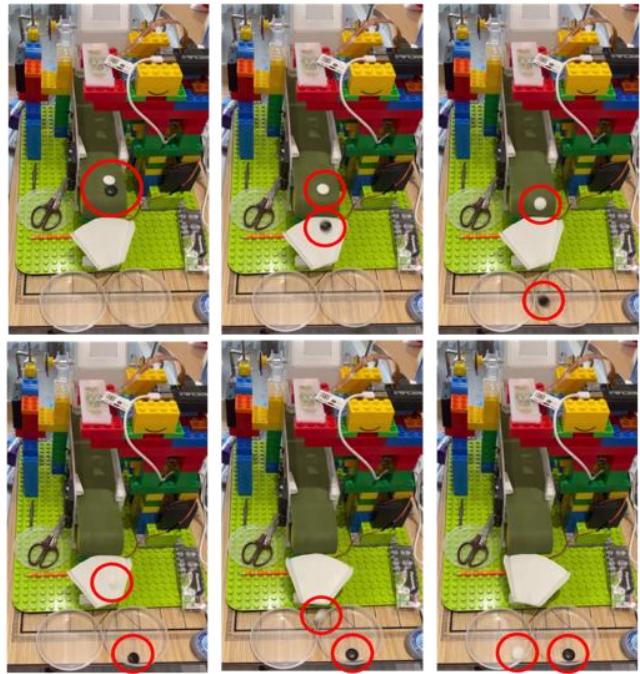


圖 31. 相連的兩顆黑白棋子也能正確分類

## 九、關於實驗九：教育輔具之應用，分類盲用圍棋

### (一) 實驗結果討論：

為了觀察視障生下圍棋的困難點，我們實際與特殊教育學校的圍棋社交流，實地觀察他們下圍棋的方式與收棋子的困擾，我們發現視障生下圍棋後，需要逐一用摸的區分黑白棋子（黑子正面有凸點），為了協助他們收棋，我們拍攝了60張盲用圍棋的影像並重新訓練 YOLO 模式，讓圍棋 AI 自動分類機可以更即時的辨識出盲用圍棋與一般圍棋的差異，結果顯示**影像辨識時盲用圍棋也可以有相當好的辨識結果，分類正確率也可達 99%**，參訪當天我們也邀請視障生體驗圍棋 AI 自動分類機如何快速將圍棋分類好（如圖 32），當他們發現機器可以正確快速的把圍棋分類好，更是紛紛發出驚嘆的聲音，此時我們真的感覺非常有成就感，也讓我們體會到老師說的「科技始終來自於人心」這句話的意義。



圖 32. 盲用圍棋交流，邀請視障生體驗圍棋 AI 自動分類機

## 伍、 結論

這個作品從構想、實作樣品、測試、修改，並結合賓果滾筒、輸送帶、積木、樹莓派電腦的人工智慧判斷以及馬達控制等，過程中我們遇到許多困難，都在大家一起討論與腦力激盪後順利解決，從「一堆」棋子能透過自製賓果滾筒「一個一個」落到輸送帶上，藉由輸送帶傳送到樹莓派電腦與鏡頭底下拍攝照片，並利用 Label-Studio 網頁標籤工具標註黑白子，大量拍攝不同光源底下黑白子照片，最後透過 AI 人工智慧與深度學習的影像辨識技術，將黑白子正確放入棋盒，成功製作出我們首創的「圍棋 AI 自動分類機」，在一系列的實驗之後，我們可得到以下結論：

- 一、自製賓果滾筒中最為關鍵的部分為「落子機關」，落子機關會因為機關入口大小、凹槽大小、閘門關閉順暢程度，影響棋子是否可成功掉出，我們在多次修改才找到最適合「圍棋」尺寸大小的落子機關，成功將「一堆」混雜的黑白子「慢慢」及「一個一個」掉落在輸送帶上。
- 二、經多次滾筒測試棋子落下個數實驗後，我們發現滾筒並不是每一圈都會順利掉出棋子，平均約轉 2 圈才會有棋子掉落，其中掉出一顆棋子的情形約佔 65%；掉出兩顆棋子約佔 30%；掉出 3 顆棋子，約佔 5%；再依據掉落棋子出現黑白子機率可推算黑白子分類正確率約為 81%。
- 三、透過設定好的樹莓派相機可以拍出黑白子照片，另外使用 Label-Studio 網頁可以把自己拍的照片分別標註出黑子與白子，以及拍攝照片越多樣化（燈光環境不一樣）可以讓影像辨識訓練範本越多，影像辨識成功機率就會越高。
- 四、當賓果滾筒掉落下來的棋子經輸送帶傳送至樹莓派 4 電腦下方進行影像辨識後，二個不同顏色棋子需要至少相距 8 公分以上，才有足夠時間成功讓伺服馬達驅動轉盤轉向，將棋子收納至對應棋盒中。
- 五、升級為樹莓派 5 電腦，並加上舵機驅動板，可以讓伺服馬達比較穩定不抖動，也能讓轉向很即時，甚至可以成功地把前後相連(間距 0 公分)的黑白棋子正確分類出來，分類正確率高達 99%，相比實驗三統計計算的 81%，修正後的圍棋 AI 自動分類機的分類正確率有相當顯著的改善。
- 六、在教育輔具盲用圍棋的應用，盲用圍棋大小與一般圍棋大小差不多，但重量約為一般圍棋 40%，使用我們修正後的圍棋 AI 自動分類機進行分類，同樣可達到 99%的正確率，並且大大減少視障生收棋時間及提高他們下棋頻率。

## 附錄、參考文獻資料

### 一、網路資料

1. 全球目標（2025 年 5 月 31 日），17 項永續發展目標，<https://globalgoals.tw/>
2. 潘台成（2014），圍棋職業棋士專業認同之研究，淡江大學企業管理學系碩士在職專班論文。
3. 謝家溱、李承熹、吳承駿（2024），應用機器學習實現家務輔助機器人-以收玩具為例，中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品說明書。
4. 洪子甯、張芯瑀、茆芋瑄、張芯菱（2024），哈士奇撿球 -AI 辨識撿取乒乓球自走滾筒，中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品說明書。
5. 張余阡、林虹妤、陳巧軒、張芹蜜、劉玟璇、劉峻易（2021），子孓掰掰~智能水溝清理機，中華民國第 61 屆中小學科學展覽會作品說明書。
6. 王苡蒿、黃品維、潘享妤（2021），「蟲」來不「蚊」 - 校園 AI 防蚊管制系統，中華民國第 61 屆中小學科學展覽會作品說明書。
7. 廖培茗、賴律辰、郭宇桀、陳品宏、許嘉佑（2023），偵藏不漏-漏水偵測與雲端及時接收系統，中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品說明書。
8. Edje Electronics Youtube 頻道，**How to Train YOLO Object Detection Models in Google Colab (YOLO11, YOLOv8, YOLOv5)**，<https://www.youtube.com/watch?v=r0RspILG260>

### 二、圖片資料來源

1. 圖 6 引用來源：Youtube 影片，How to make a Lottery Machine Type1 R1，頻道作者：Cardboard Play，<https://www.youtube.com/watch?v=pTeAURs4ETc>.
2. 除上述圖 6 引用自他處，其餘照片皆為指導老師及作者拍攝，圖片皆為自製圖片。

## 【評語】082802

創意實用的作品，運用 AI 技術解決收拾棋子問題。具有嘗試的精神，面對初始方法失敗，轉而採用賓果滾筒方案。實驗過程完整，從問題確認到數據分析，展現科學態度。不僅解決普通學生需求，還考慮視障學生使用可能性，符合教育公平理念，是有溫度的實用作品。

作品海報

黑白猜一猜，AI來分開  
圍棋AI自動分類機



## 摘要

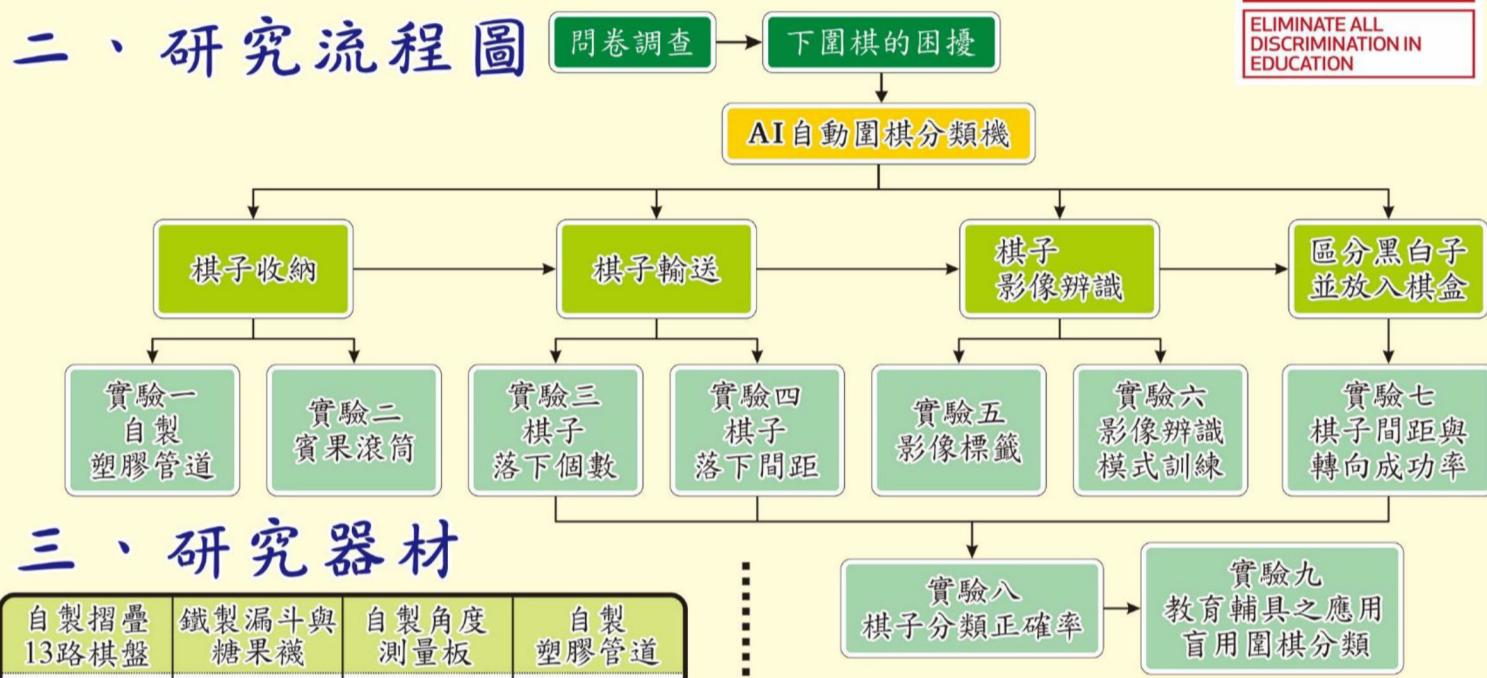
本作品結合積木、馬達機械結構與AI技術自製「圍棋AI自動分類機」，將黑白子分類收納，解決下完棋後沒人收拾的問題。我們以自動麻將桌概念為發想，設計9項不同實驗，首先以不同裝置測試棋子掉落方式，發現賓果滾筒能有效控制棋子一個一個掉落，其次大量拍攝不同燈光環境下黑白子照片，以Label-Studio進行影像標註，撰寫Python程式訓練AI影像辨識模式，使黑白子依辨識結果正確分類至棋盒。結果顯示「圍棋AI自動分類機」分類正確率高達99%，此外，我們也應用於盲用圍棋，協助視障學生收棋，提升下棋便利性與學習意願。作品不僅展現AI應用於日常生活創意實踐，也呼應SDGs中促進優質教育目標。

## 一、研究動機

- (一) **下圍棋的困擾**：經研究統計2014年臺灣下圍棋人口已超過150萬人(潘台成, 2014)，經實際調查一到六年級學生，有超過六成會在課餘時間下棋，之後便會為了收棋子而吵架，甚至沒有收好就離開。

(二) **創意發想—圍棋AI自動分類機**：從學校問卷調查結果顯示有35.7%的小朋友認為收棋麻煩及91.6%的小朋友希望可以有一台自動分類機，於是我們開始發想與動手規劃，製作出一台可以自動整理圍棋的機器，解決沒有人願意收棋而吵架的困擾。

(三) **作為教育輔具之應用**：依據永續發展目標(SDGs)中的第4.5項目標，消除教育中的一切歧視。圍棋AI自動分類機，將可幫助視障朋友在下完棋後輕鬆收拾棋子，大大減少他們收棋時間，增加他們下棋頻率，也可讓他們下棋時的阻礙可以更少一些。



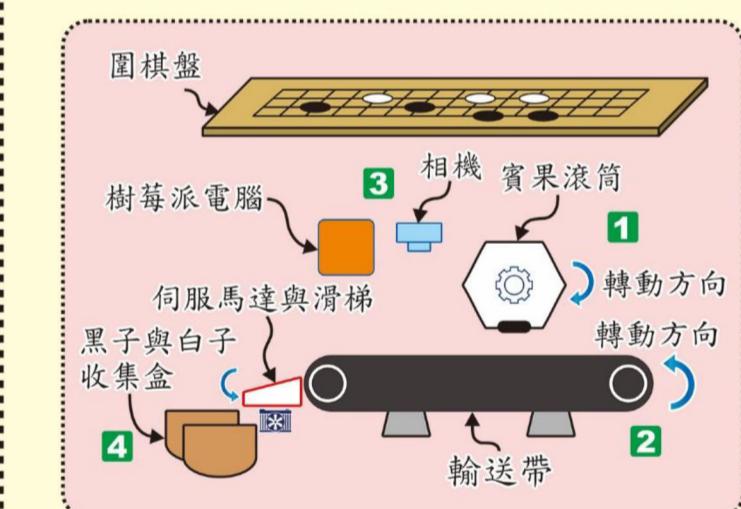
### 三、研究器材



## 四、研究設備架構

我們製作的自動整理圍棋機器架構可分為四部分：

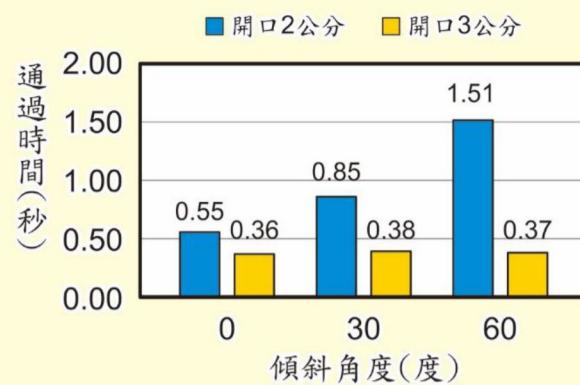
- (一) 棋子整理：下完棋後，將自製棋盤上「一堆」混雜黑白子「一個一個」落在輸送帶上。
- (二) 棋子輸送：將一個一個棋子以適當速度輸送到鏡頭底下準備進行影像辨識。
- (三) 黑白子影像辨識：利用樹莓派電腦與鏡頭進行黑白子辨識。
- (四) 區分黑白子並分別放入黑白子棋盒：辨識黑白子後驅動伺服馬達，將黑白子正確放入黑白子盒內。



## 五、研究結果與討論

## 【實驗一】棋子落下方式——漏斗及自製塑膠管道

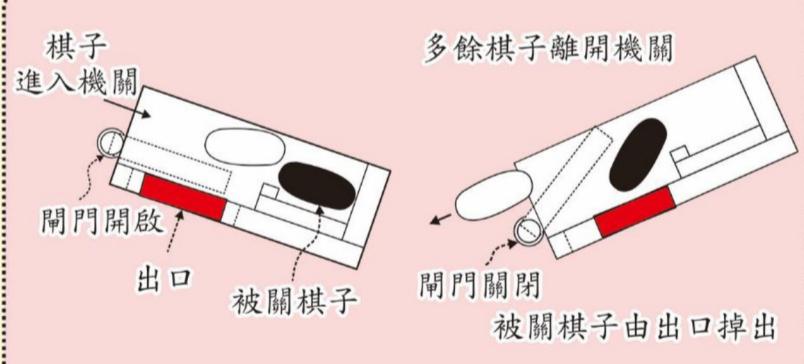
1. 實驗目的：將「一堆」混雜的黑白子，倒入不同進入角度及不同開口大小之塑膠管道，測試棋子落下速度，達到棋子可「一個一個」落在輸送帶上。
  2. 實驗結果討論：我們第一個實驗就是思考如何透過一個「簡單」裝置達成讓「一堆」的黑白棋子「一個一個」落在輸送帶上？一開始想到的辦法是使用漏斗連接自製塑膠管道，透過改變棋子倒入不同進入角度及不同開口大小之塑膠管道，讓原本成堆的棋子能「一個一個」落在輸送帶上，但是經過反覆測試後發現，當塑膠管道開口為2公分時，因開口太小會有棋子卡在管道上的情形，當開口增加為3公分時，棋子通過速度又太快，即使改變棋子不同進入角度，20顆棋子落下速度依舊不到0.4秒就全部掉落在輸送帶上，沒有辦法讓棋子能「慢慢及「一個一個」掉落。



## 【實驗二】棋子落下方式——賓果滾筒

1. 實驗目的：(如實驗一)

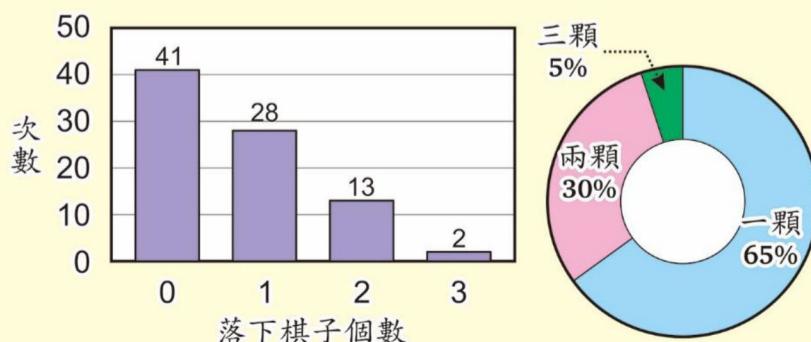
2. 實驗結果討論：在自製滾筒實驗中，我們發現賓果滾筒最為關鍵的部分為「落子機關」。落子機關中有一個活動閘門，這個閘門在滾筒滾動過程中受到重力作用而開啟，此時棋子將順著導流板引導進入落子機關中，機關中有一個凹槽可以容納一顆圍棋，如果有多餘棋子進入機關會因滾筒持續轉動，閘門受到重力作用而關閉自然的離開機關，而被關住的棋子則會由出口掉出。我們不斷地進行修改才找到最適合「圍棋」尺寸大小的落子機關，最後終於成功透過自製賓果滾筒裝置將「一堆」混雜的黑白子「慢慢」及「一個一個」掉落在輸送帶上。



## 【實驗三】滾筒掉出棋子個數統計

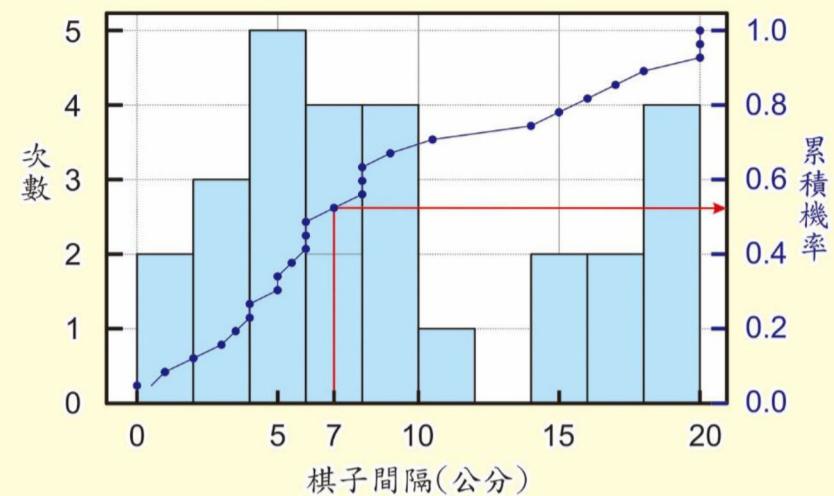
1. 實驗目的：觀察滾筒掉出棋子的個數，並計算後續影像辨識黑白子的可能成功率。

2. 實驗結果討論：我們發現平均每兩圈才會掉出棋子，而掉出棋子的情況可以分為掉出一顆 (65%)、兩顆 (30%) 或三顆 (5%)，再統計所有掉出兩顆與三顆棋子的可能情形，可以推算出分類至黑白棋盒的正確率約 81% (假設棋子顏色一樣才可以正確分類)，雖然尚有改善的空間，但是，相對於實驗一，20 顆棋子不到 0.4 秒就全數通過，無法一個一個慢慢掉落，因此我們對於賓果滾筒平均每兩圈才會掉出棋子這個結果感到滿意。



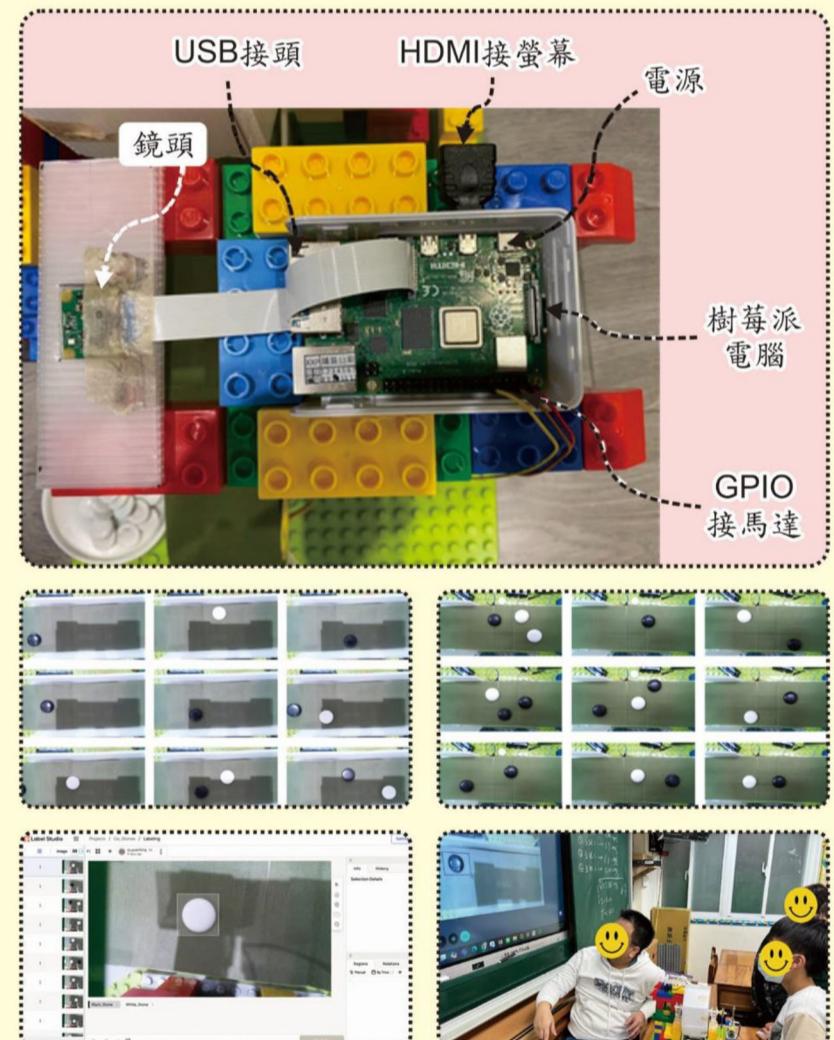
## 【實驗四】滾落下棋子間的間隔距離統計

- 實驗目的：觀察滾筒掉出的棋子落在輸送帶上棋子間的間隔距離。
- 實驗結果討論：我們進一步考慮棋子掉在輸送帶上時兩個棋子之間的距離，結果發現棋子間距平均為 9 公分、中位數為 7 公分及眾數為 5 公分，由統計結果可知仍有接近 50% 的機率會發生棋子間距小於 7 公分。



## 【實驗五】棋子影像取得與標籤

- 實驗目的：使用樹莓派相機拍攝棋子通過輸送帶畫面
- 實驗結果討論：我們總共拍攝蒐集照片共 180 張，將這些照片都上傳到 Label-Studio 網頁中，並利用網頁的標籤工具，框選黑子與白子。另外拍攝照片越多樣 (燈光環境不一樣) 可以讓後續的影像辨識訓練範本越多，影像辨識成功機率就會越高。



## 【實驗六】影像辨識模式訓練

- 實驗目的：以大量黑白子影像與標註資料，進行YOLO 辨識模式訓練。
  - 實驗結果討論：此實驗必須應用 Python 程式，我們選擇最快速也最簡易的 YOLO11n 作為黑白棋子辨識模式，測試結果，樹莓派 4 每秒可以處理 1.4 張影像。圖中還有一條垂直紅線，這條線是用來啟動伺服馬達轉動，當棋子往左通過紅線時，將會依據這顆棋子是黑子或白子，轉動伺服馬達，讓棋子掉落在正確的收集盒中。
-

### 【實驗七】棋子在不同間距讓伺服馬達驅動轉盤轉向成功率

1. 實驗目的：找出影像辨識後，黑白棋需要相距多少公分以上，才能有足夠時間讓伺服馬達驅動轉盤轉向，讓黑白棋收納至相對應棋盒中。
2. 實驗結果討論：這個實驗我們發現當兩顆不同顏色的棋子之間相距 7 公分以下時，伺服馬達驅動轉盤轉向的成功率只有 57%，棋子間距超過 8 公分時，才有足夠時間且成功率達 97% 以上讓伺服馬達驅動轉盤轉向；但從實驗四結果又有約 50% 的機率會發生棋子間距小於 7 公分，因此我們必須想辦法解決棋子間距太短無法成功讓伺服馬達驅動轉盤轉向問題。



### 【實驗八】棋子分類正確率

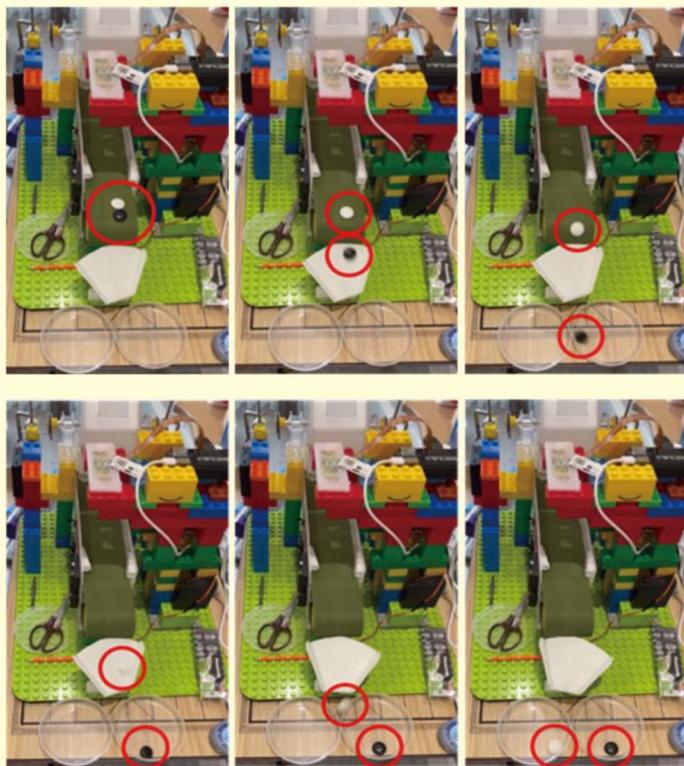
1. 修正實驗二至實驗七所遭遇困難，提高分類正確率。
2. 實驗結果討論：在這個實驗中，我們主要進行了三項修正，分別是：

- (1) 將樹莓派 4 升級為樹莓派 5
- (2) 加上舵機驅動板
- (3) 改善 Python 程式邏輯

經由這三項改善之後，樹莓派 5 的運算速度，大幅提升至 FPS 為 8.17，約為樹莓派 4 的 6 倍；使用舵機驅動板，可讓伺服馬達的訊號穩定，而且時間排程控制上更為精準，對於程式邏輯有較好的執行結果，因此兩個黑白棋間距 0 公分也能正確辨識成功。修正後的圍棋 AI 自動分類機，分類正確率可穩定達 99%，



6 次實驗的正確率標準差約為 0.8%，顯示我們的圍棋 AI 自動分類機有很高的重現性。



【相連的兩顆黑白棋子也能正確分類】

### 【實驗九】教育輔具之應用——分類盲用圍棋

1. 實驗目的：測試圍棋 AI 自動分類機使用於盲用圍棋的成功率
2. 為了觀察視障生下圍棋的困難點，我們實際與特殊教育學校的圍棋社交流，我們發現視障生下圍棋後，需要逐一用摸的區分黑白棋子（黑子正面有凸點），為了協助他們收棋，我們拍攝了 60 張盲用圍棋的影像並重新訓練 YOLO 模式，讓圍棋 AI 自動分類機可以更即時的辨識出盲用圍棋與一般圍棋的差異，結果顯示影像辨識時盲用圍棋也可以有相當好的辨識結果，分類正確率也可達 99%，我們也邀請視障生體驗圍棋 AI 自動分類機，當他們發現機器可以正確快速的把圍棋分類好，紛紛發出驚嘆。



【盲用圍棋交流，邀請視障生體驗圍棋 AI 自動分類機】

海報中所使用照片，皆為指導老師及作者拍攝，圖片皆為自製圖片。

## 六、結論

這個作品從構想、實作、測試、修改，並結合賓果滾筒、輸送帶、積木、樹莓派電腦的人工智慧判斷以及馬達控制等，過程中我們遇到許多困難，都在大家一起腦力激盪後解決，成功製作出我們首創的「圍棋 AI 自動分類機」，在九個實驗之後，可得到以下結論：

- (一)自製賓果滾筒最關鍵的部分為「落子機關」，落子機關會因機關入口大小、凹槽大小、閘門關閉順暢程度，影響棋子是否成功掉出，我們在多次修改才找到最適合「圍棋」尺寸大小的落子機關，成功將「一堆」黑白子「慢慢一個一個」掉落在輸送帶上。
- (二)經多次滾筒測試棋子落下個數實驗後，我們發現滾筒平均約轉 2 圈才有棋子掉落，其中掉出一顆棋子情形約佔 65%；掉出兩顆棋子約 30%；掉出三顆棋子約 5%；再依出現黑白子機率推算黑白子分類正確率約為 81% (假設相同顏色可以百分之百正確分類)。
- (三)透過樹莓派相機可以拍出黑白子照片，另外使用 Label-Studio 網頁可以分別標註出黑子與白子，以及拍攝照片越多樣化 (燈光環境不一樣) 可以讓影像辨識訓練範本越多，影像辨識成功機率就會越高。
- (四)升級為樹莓派 5 電腦並加上舵機驅動板，可以讓伺服馬達較穩定不抖動，也能讓轉向很即時，甚至可以成功的把間距 0 公分的黑白棋子正確分類出來，分類正確率高達 99%，相比實驗三統計計算的 81%，修正後的圍棋 AI 自動分類機分類正確率有相當顯著改善。
- (五)在教育輔具盲用圍棋應用，盲用圍棋大小與一般圍棋大小差不多，但重量約為一般圍棋 40%，使用我們修正後的圍棋 AI 自動分類機進行分類，同樣可達到 99% 的正確率，並且大大減少視障生收棋時間。