

中華民國第 63 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)

佳作

082804

應用機器學習實現家務輔助機器人-以收玩具為例

學校名稱：臺北市大同區日新國民小學

作者： 小五 謝家溱 小六 李承熹 小四 吳承駿	指導老師： 吳叔鎮 鄭千佑
---	-----------------------------

關鍵詞：機器學習、視覺辨識、收玩具

應用機器學習實現家務輔助機器人-以收玩具為例

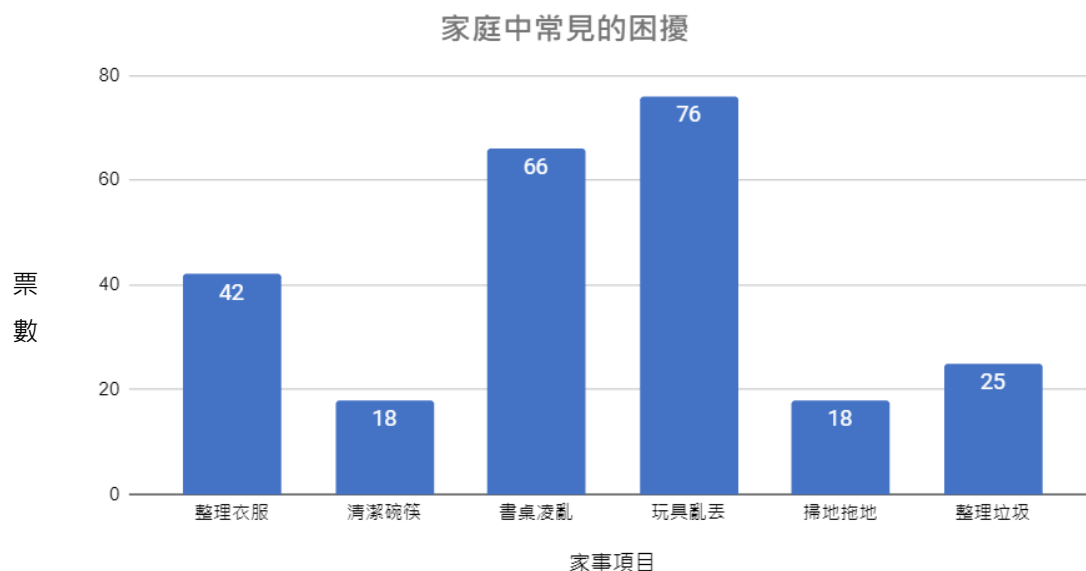
摘要

經過調查發現有幼兒的家庭，共同困擾是「玩具亂丟」，目前市面上沒有產品能解決此問題，本研究利用機器學習技術，以自動收玩具為例，研製可協助整理地面雜物的家務輔助機器人。本研究結果發現圓型內置 2 輪底盤有最佳室內移動效果，觸碰避障有 100% 避障成功率，夾具可夾取並攜帶 2 至 14 公分範圍的玩具或物品，視覺感測模組最佳安裝角度是 60 度，最佳辨識距離為 14~16 公分，統整以上結果作為設計依據，採用邊走邊找法於不同環境實測，在界定範圍內可達到 83.33% ~ 98.33% 的收玩具成功率。我們利用無線電波訊號強度設置虛擬圍牆及基地範圍，結果顯示可達 63.33% 的折返成功率及 55% 的收玩具成功率，主要是無線電於室內短距離空間，無法精準定位所致，持續改進將可達更實用等級。

壹、前言

一、作品發想動機

為了了解一般家庭會有哪些共同性的困擾，我們邀請家長們提供想法，收集到來自 100 個家庭的問卷結果，其中 84% 的家庭有 12 歲以下的小孩，經過統計後整理成下列圖表：



一般家庭共同性困擾問卷調查結果統計圖

在家長們的心中，前三名依序是「玩具亂丟」、「書桌凌亂」及「整理衣服」等困擾，而第一名的「玩具亂丟」項目，也幾乎是大多數「有小孩」家庭的共同困擾，因為年紀太小的幼兒還不會自己收玩具，散落在家中就常常造成環境凌亂，甚至還會被玩具絆到受傷，我們思考—有沒有可能利用自動化方式解決這個問題？

二、文獻探討

從科展群傑廳搜尋「自動化」、「AI 人工智慧」與「視覺辨識」的研究，整理如下：

作者	研究內容
林柏丞等人 (2007)	利用樂高 Mindstorm 積木製作，利用溫度的變化控制溫室盒的蓋子開與關，達到 自動控制溫室 的效果。
張余阡等人 (2021)	利用 BRAIN GO 與感測器製作出能透過 自動化系統清理水溝中子子 的水溝清理機，有效幫助清理水溝裡的子子。
楊淳閔等人 (2022)	則是利用磁力感測器製作了揮棒速度訓練模組，並以 互動式機構來提醒選手所站距離 ，最後數值再傳到雲端紀錄。
潘品全等人 (2021)	用 HuskyLens 視覺感測器及人體紅外線感測器，製作「行人辨識系統」，利用蜂鳴器，做出可以 提醒視障人士紅綠燈秒數的視障輔助系統 。
黃予馴等人 (2021)	利用 HuskyLens 視覺感測器， 辨識出對蔬菜可能產生危害的鳥類或昆蟲 ，當辨識到害蟲，會自動啟動驅趕器，達到驅趕斑鳩或紋白蝶的智能菜圃。
王苡蕎等人 (2022)	為了確認誘捕到的蚊蟲是否為病媒蚊，使用 Teachable Machine 進行機器學習， 建立蚊蟲辨識模型，製作「AI 蚊蟲辨識」的功能 。

以上的作品透過不同的開發板，搭配需要的感應器來偵測，經過程式設計做出自動化控制的效果，在人工智慧的部份，有作品透過不同平台或軟體的方式訓練模型，讓視覺感測器具備有人工智慧辨識的功能，從以上文獻探討，我們認為將「**自動化**」與「**人工智慧**」的**技術在家務輔助是可行的**，由於我們在學校的電腦課有學過 Micro:bit 開發板，我們決定使用 Micro:bit 來進行作品研究。

三、相關專利與市場調查

經過專利查詢，沒有任何「自動收玩具」有關的專利設計；進一步進行商品調查（參考下表 1），居家自動化的產品目前已經有掃地、拖地、洗碗、監控及教育用的功能，但是在「**玩具亂丟**」這個困擾，並沒有被解決，所以我們決定針對這個問題進行思考與解決，嘗試解決許多家庭的共同困擾。

表 1：市售家用自動化機器人產品整理

		
iR 牌掃地機器人	M 牌掃地機器人	S 牌打掃機器人

		
iR 牌拖地機器人	iP 牌監控機器人	A 牌教育用機器人

四、研究目的

為了實現可以協助家庭自動收玩具的裝置，我們設定以下研究目的及問題：


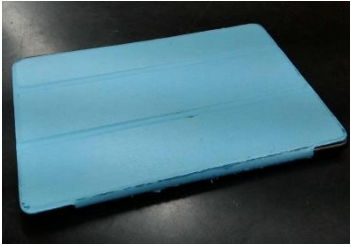
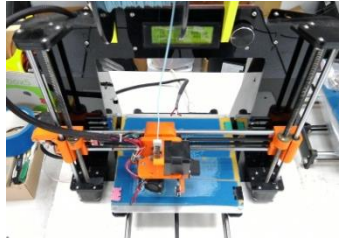
- (一) **探討適合用於家中進行移動的底盤型態**
 1. 不同的底盤型態設計在移動上有什麼差異？
 2. 如何讓裝置達成家中巡邏移動的功能？
- (二) **探討有效避開障礙物的方法**
 1. 不同感測技術於避障時的表現有什麼差異？
 2. 如何避免裝置在巡邏的過程中碰撞桌椅或牆壁？
- (三) **收集結構的設計與實作**
 1. 如何讓收集結構的收取範圍最大化？
 2. 如何讓收集結構的收取種類更多元？
 3. 如何在收集結構上製作馬達保護功能？
- (四) **在裝置上實現視覺辨識及自動判斷的功能**
 1. 如何讓視覺辨識模組具有辨識玩具的功能？
 2. 視覺辨識模組的最佳安裝角度是多少？
 3. 視覺辨識模組的有效辨識距離是多少？
 4. 如何提升視覺辨識的成功率？
- (五) **製作出可以自動巡邏並收集玩具的「AI 自動收玩具機」**
 1. 如何整合巡邏、避障、夾取及視覺辨識等功能於「AI 自動收玩具機」中？
 2. 不同的執行模式在收取玩具的成功率為何？
 3. 「AI 自動收玩具機」在不同的環境模式下，收取的成功率為何？
- (六) **設計出可以在收取物品後，自動返回基地的功能**
 1. 如何取得「AI 自動收玩具機」與基地之間的距離以設置虛擬圍牆？
 2. 如何讓「AI 自動收玩具機」達到自動返回基地的功能？

貳、研究設備及器材

一、研究材料：

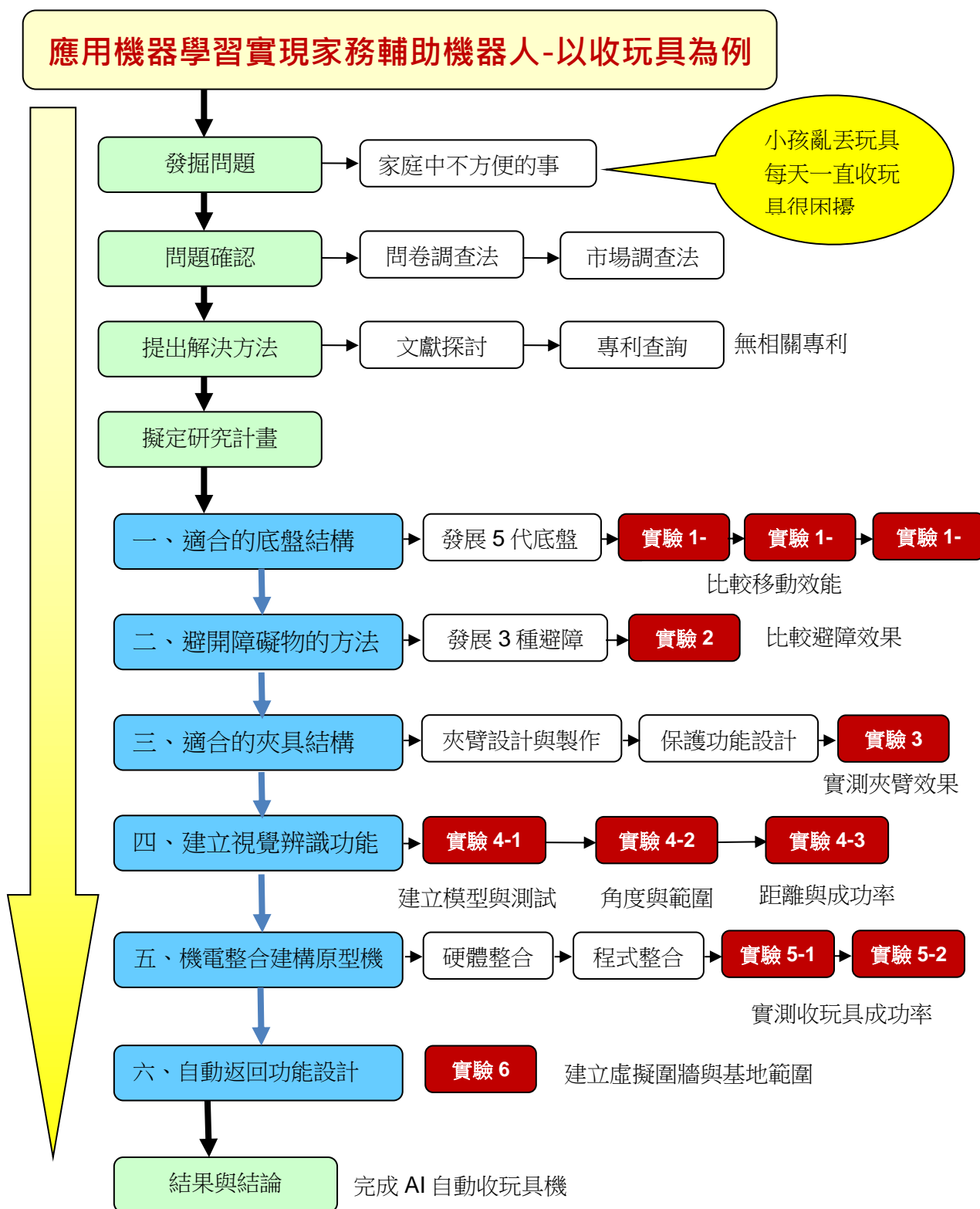
		
瓦楞紙板	TT 馬達	TT 馬達輪
		
Micro:bit 開發板	motobit 擴充板	微動開關
		
超音波感測器	SG90 伺服馬達	AI 鏡頭

二、研究工具：

		
電腦	平板電腦	3D 印表機

參、研究方法與成果

一、研究流程與架構



二、研究限制

(一) 適用對象

本研究的作品原型是針對家中有 3 歲以下、還無法自己收玩具的幼童家庭。

(二) 玩具種類

由於玩具種類太多，所以採用問卷調查的方式，了解一般有孩童的家庭常見有哪些玩具類型，調查結果前三名為「玩具小汽車」、「積木」、「絨毛玩具」等，因此我們選用這三種類型的玩具作為實驗用具。

(三) 家中環境的設置與模擬

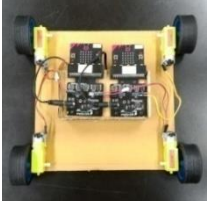
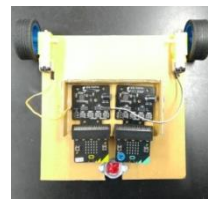
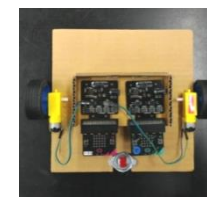
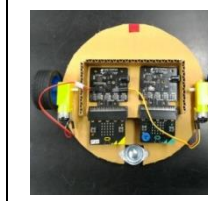
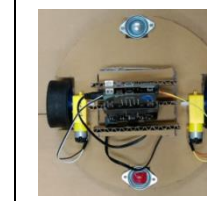
針對實驗的環境，我們利用問卷調查了解，共回收 247 筆問卷，大多數的家庭孩童玩玩具的地方依序是客廳（53.8%）、房間（25.9%）、遊戲室（13.8%）、其他（6.5%）等，因此我們實驗的場地以客廳為主要測試場所。

三、研究問題與實驗設計

(一) 研究一：探討適合用於家中進行移動的底盤型態

- 研究目標：找出適合在家中空間巡邏移動的底盤；我們從輪子的組合方式進行比較，項目包括：**實驗 1-1 比較轉彎效率**、**實驗 1-2 比較邊牆逃脫能力**、**實驗 1-3 從比較角落脫困的能力**等。
- 研究方法：實作、實驗比較。
- 製作實驗工具：


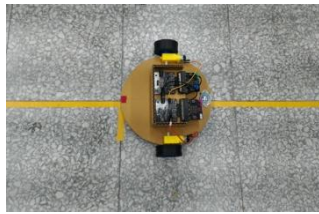
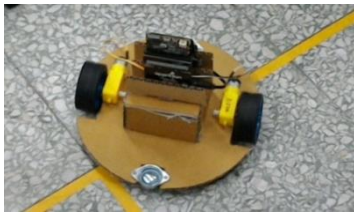
我們製作五種底盤，底盤形狀長方形、圓形，使用 2 組 Micro:bit 開發板與 Motobit 擴充板進行 4 顆輪子、4 個馬達的控制。

				
第 1 型 長方形 4 輪	第 2 型 長方形前置 2 輪	第 3 型 長方形中間 2 輪	第 4 型 圓型外置 2 輪	第 5 型 圓型內置 2 輪

實驗 1-1：比較轉彎效率



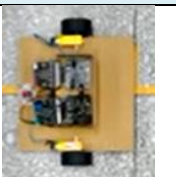
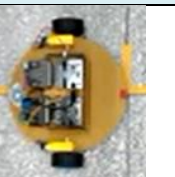

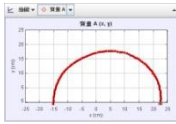

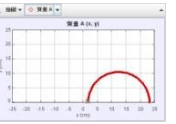
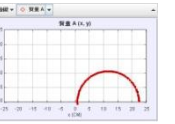
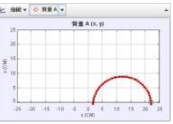
- 實驗目的：比較 5 種底盤的旋轉效率。
- 實驗工具：自製底盤 5 種、平板電腦（錄影）、腳架、Tracker 軟體。
- 實驗過程：
 1. 實驗開始，受測底盤開始原地旋轉，同時進行錄影。
 2. 每種底盤進行 12 次實驗，影片以 Tracker 分析，取得旋轉 180 度的時間。

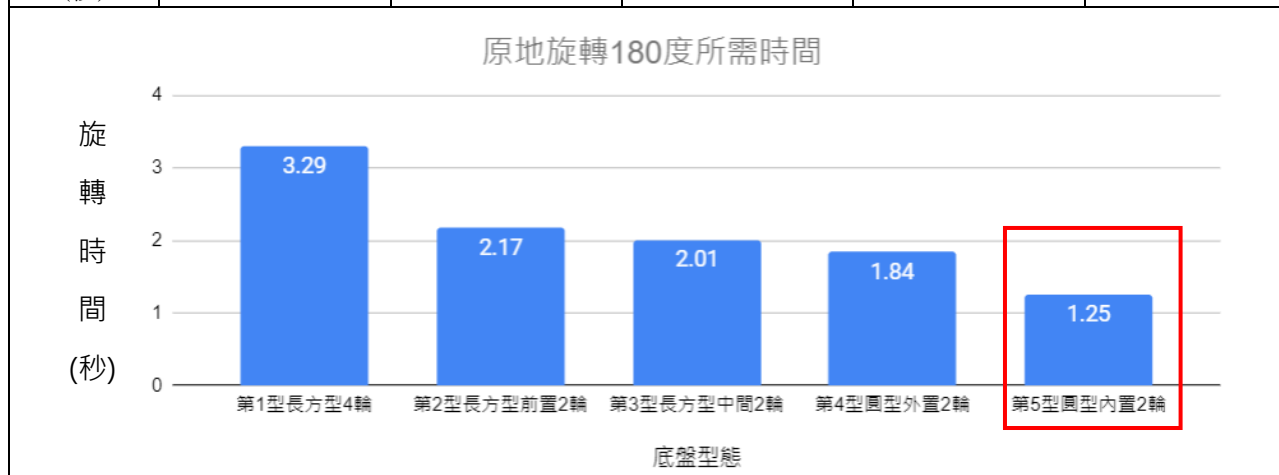
- 將時間紀錄在 Excel 中，刪除最大值與最小值，計算 10 個數值平均。
- 在牆邊的移動流暢度。了解底盤在原地旋轉 180 度的情況下，需要花多少時間，**時間越短，代表轉彎效率越高。**

		
準備好實驗場地，用膠帶標示起點與範圍，拍攝用的三腳架定位完成。	將要測試的底盤放置於起始位置，並使用平板電腦錄製底盤的轉動情形。	利用無線傳輸的方式啟動，原地旋轉 180 度時停止，並停止錄影。

○ 實驗結果：

表 1.不同底盤型態之旋轉效率摘要表

底盤型態	第 1 型 長方型 4 輪	第 2 型 長方型前置 2 輪	第 3 型 長方型中間 2 輪	第 4 型 圓型外置 2 輪	第 5 型 圓型內置 2 輪
實驗 1-1 旋轉效率					
移動軌跡圖					
標準差 (秒)	0.111	0.097	0.093	0.032	0.053
平均值 (秒)	3.292	2.167	2.014	1.842	1.251



原地旋轉 180 度時，圓型底盤的旋轉效率比方型底盤好，**第 5 型圓型內置 2 輪底盤有最好的轉動效率（1.25 秒）。**

- 討論：
 1. 與其他 4 種底盤相比，第 1 型長方型 4 輪的移動軌跡圖稍微呈現不規則，我們認為這與底盤在轉動的過程中**一直有摩擦、不流暢**的情況有關。
 2. 將 2 輪裝在底盤中間位置的底盤（第 3 型～第 5 型），旋轉面積明顯小於將輪子裝在前方或後方的底盤（第 1 型～第 2 型），因此，如果要讓底盤在轉動的過程中**避免碰到其他物體，將輪子裝在中間較為理想**。

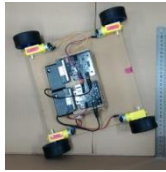
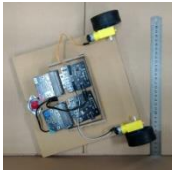
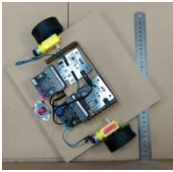
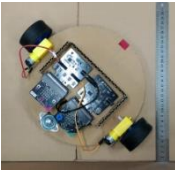
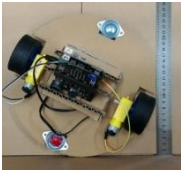
實驗 1-2：比較邊牆逃脫能力

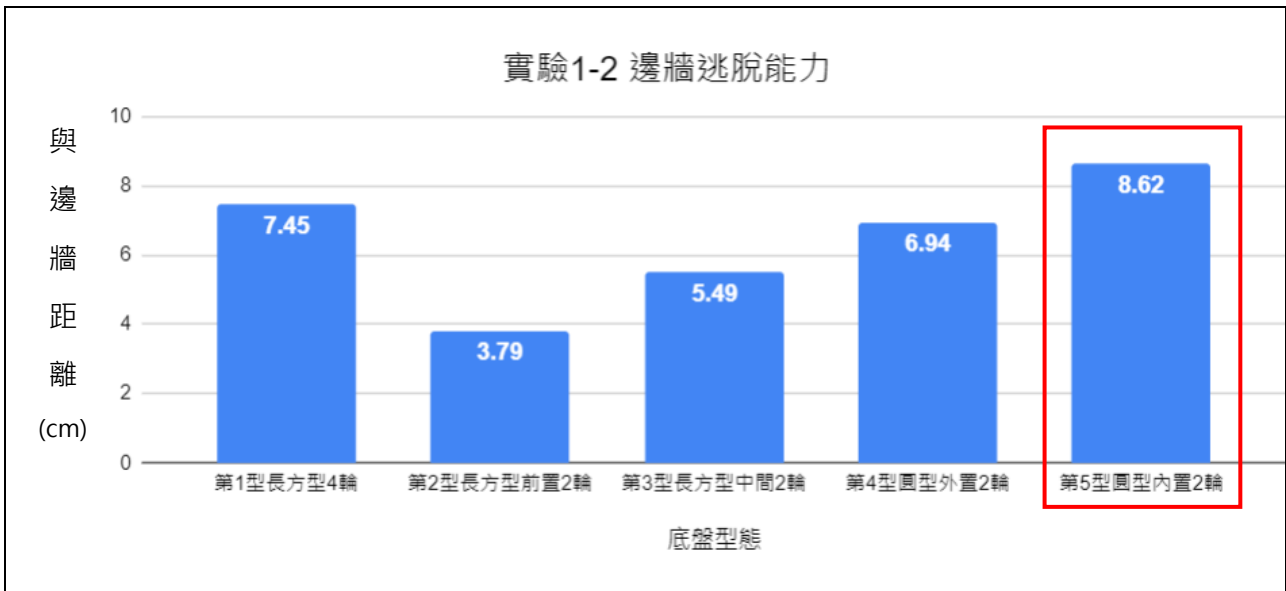
- 實驗目的：比較 5 種底盤在牆邊的移動流暢度。
- 實驗工具：自製輪型底盤、自製無線啟動器、實驗用場地、尺。
- 實驗步驟：
 1. 將底盤放在牆邊，啟動離牆動作（原地旋轉 0.5 秒→停止動作）。
 2. 測量底盤**前輪距離牆邊的最短直線距離**，重複進行 12 次實驗。
 3. 將結果紀錄在 Excel 中，刪除最大值與最小值，計算 10 個數值的平均。
 4. 固定時間內進行旋轉及前進動作，**前輪離牆邊越遠，代表脫離效果越好**。

		
將要測試的底盤放置在實驗場地，右側貼齊牆邊	利用無線控制的方式，執行固定離牆動作	測量底盤上 前輪 距離牆邊的直線距離

- 實驗結果：

表 2.不同底盤型態之邊牆逃脫能力摘要表

底盤型態	第 1 型 長方型 4 輪	第 2 型 長方型前置 2 輪	第 3 型 長方型中間 2 輪	第 4 型 圓型外置 2 輪	第 5 型 圓型內置 2 輪
實驗 1-2 邊牆逃脫能力					
標準差 (cm)	0.47	0.17	0.32	0.39	0.38
平均值 (cm)	7.45	3.79	5.49	6.94	8.62



執行離牆動作後，**第5型圓型內置2輪**離牆邊最遠，具有最好的邊牆逃脫能力。

○ 討論：

1. 第1型長方型4輪底盤在1-2邊牆逃脫表現第二名，實驗過程中可以看到有經常爬到牆壁上的情況，我們認為**第1型的優勢在它的4輪傳動，能夠製造出更大的推動力**，這個設計適合用於大推力的功能需求。
2. 第3型的方型底盤凸角會有容易卡到牆壁與角落的缺點，第4型的圓型底盤會發生直接與牆壁嚴重摩擦，**第5型的圓型內置2輪不會發生上面這兩種狀況**，市售的掃地機器人大多是圓型內置輪子的設計，我們認為就是要避免在室內移動時有太多卡住或摩擦情形。

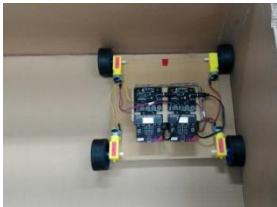
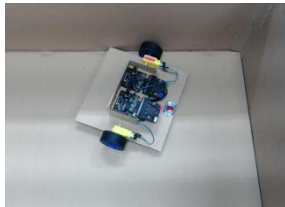

實驗 1-3：比較角落脫困的能力

○ 實驗目的：比較5種底盤的角落脫困能力。

○ 實驗工具：自製輪型底盤、自製無線啟動器、實驗用場地、尺。

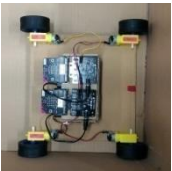


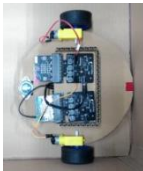
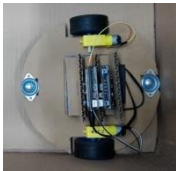
○ 實驗步驟：

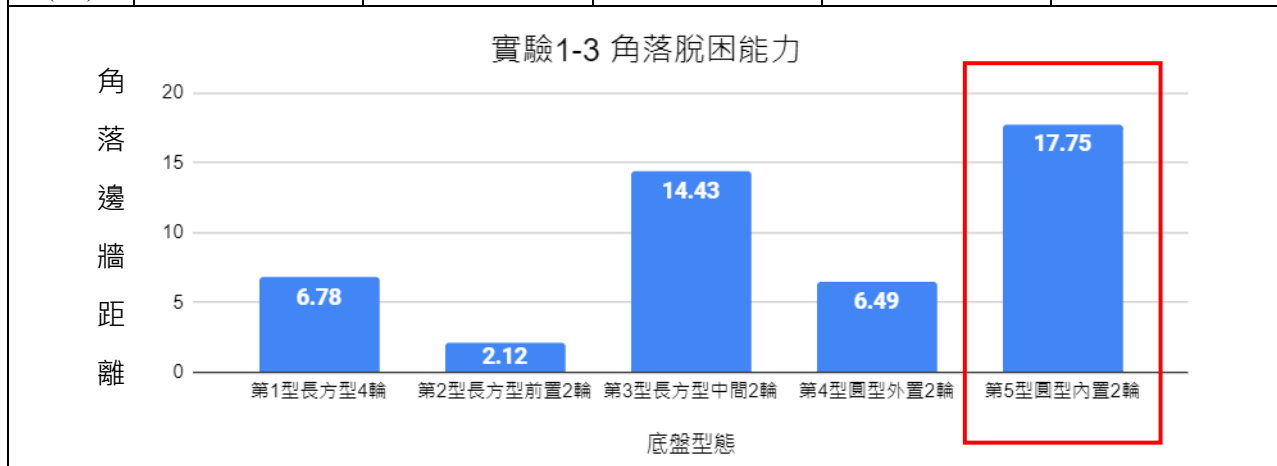
1. 將底盤放在固定角落，執行脫離角落動作（原地旋轉1秒→向前1秒→原地旋轉1秒→向前1秒→停止動作）
2. 找出底盤距離牆邊最近的一點，測量底盤與牆邊的最短直線距離。
3. 進行12次實驗並將數據輸入Excel，刪除最大最小值，計算10個值的平均。
4. **底盤邊牆邊的距離越遠，代表脫困能力越好。**

		
將要測試的底盤放置於固定角落，貼合牆角。	利用無線控制的方式，執行固定動作擺脫角落	測量底盤和牆邊的最短直線距離。

○ 實驗結果：

表 3.不同底盤型態之角落脫困能力摘要表

底盤型態	第 1 型 長方型 4 輪	第 2 型 長方型前置 2 輪	第 3 型 長方型中間 2 輪	第 4 型 圓型外置 2 輪	第 5 型 圓型內置 2 輪
實驗 1-3 角落脫困能力					
標準差 (cm)	1.11	0.37	1.09	0.23	0.83
平均值 (cm)	6.78	2.12	14.43	6.49	17.75



在角落的逃脫能力比較中，**第 5 型圓型底盤內置 2 輪**有最好的表現（17.75 公分）。

○ 討論：

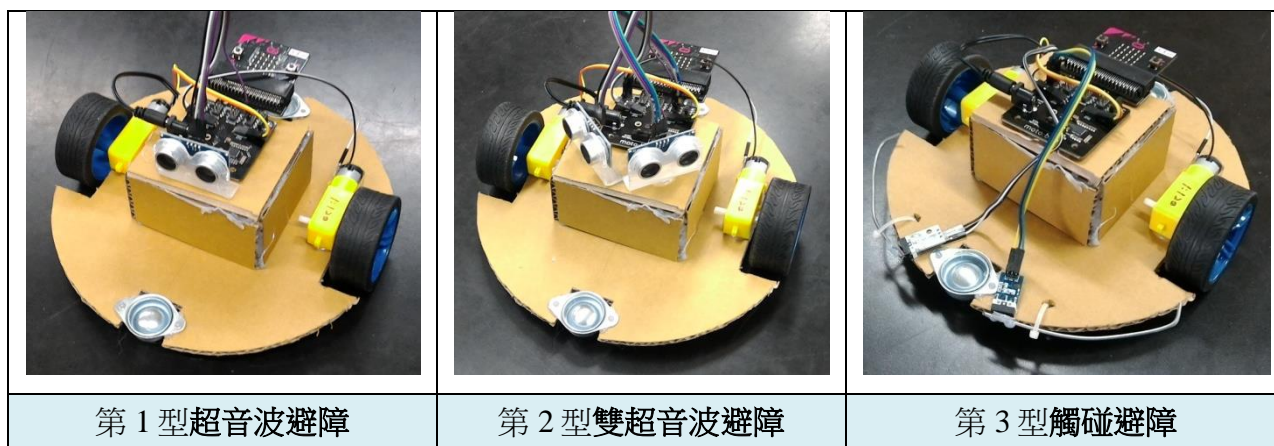
- 第 3 型長方型中間 2 輪在這項實驗中表現排名第二，仔細觀察實驗過程，發現第 3 型的底盤在動作過程中，底盤的邊角與邊牆角落有明顯推擠，把底盤推離角落，因此造成第二佳的表現。

綜合以上三個實驗結果，**第 5 型—圓型內置 2 輪底盤**在旋轉效率、邊牆逃脫能力、角落脫困能力都具有最好的表現，是最適合在家中空間收玩具的底盤設計，後續會採用第 5 型底盤繼續進行設計。

(二) 研究二：探討有效避開障礙物的方法

- 研究目標：裝置在行進過程中會經常遇到障礙物，為了避免碰撞，我們設計了這項實驗，來了解如何閃避障礙物。
- 研究方法：實作、實驗比較。
- 製作實驗工具：

收集感測器資料，**超音波感測器**、**碰撞感測器**適合用於本研究裝置設計，我們以第 5 型圓型內置 2 輪底盤為基礎，分別製作下列 3 種避障底盤。



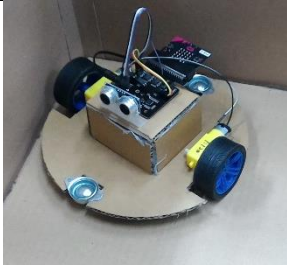
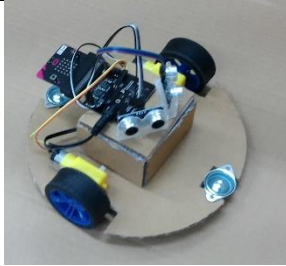
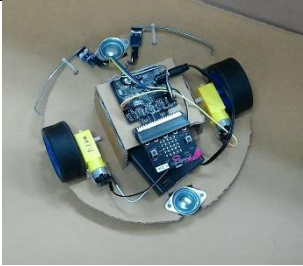
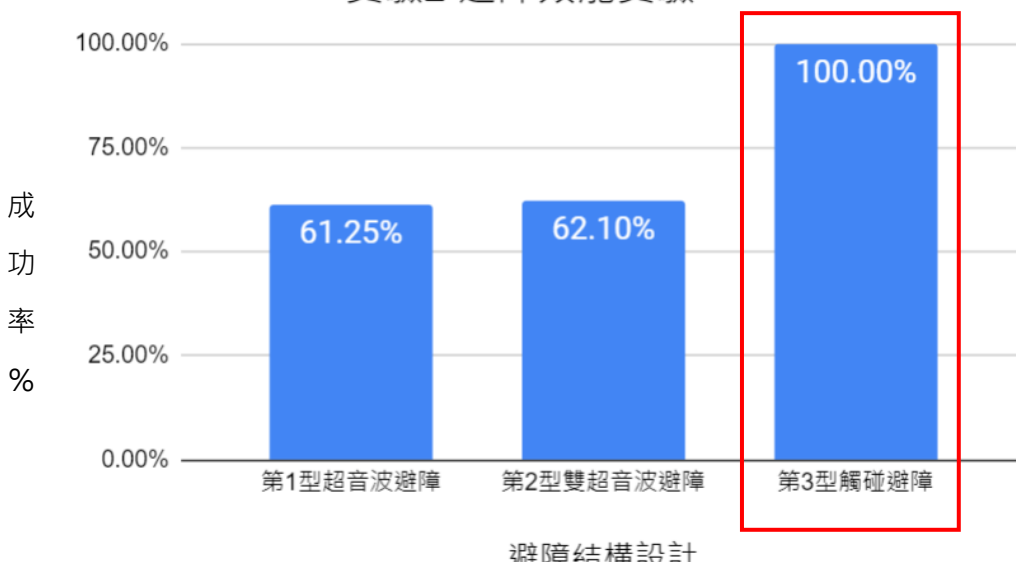
實驗 2：避障效能實驗

- 實驗目的：了解哪一種避障設計具有最好的避障效果。
- 操縱變因：不同型態的避障設計。
- 實驗工具：自製避障輪型底盤、實驗用場地。
- 實驗步驟：
 1. 設置一個四周都有牆的實驗場地，將要測試的底盤放在場地內的固定起點。
 2. 開啟電源，執行避障實驗程式。
 3. 每回合測試 30 秒遇到障礙的反應情形，能即時轉彎計入成功次數，無法立即轉彎則計入失敗次數。
 4. 進行 10 次實驗並將數據輸入 Excel 表格，計算平均成功率。



- 實驗結果：

表 4. 不同型態的避障設計之避障成功率摘要表

名稱	第 1 型超音波避障	第 2 型雙超音波避障	第 3 型觸碰避障
照片			
成功率	61.25%	62.10%	100%
圖表	<p style="text-align: center;">實驗2 避障效能實驗</p>  <p style="text-align: center;">避障結構設計</p>		

從實驗結果來看，**第 3 型觸碰避障**的設計具有最好的避障成功率（100%）。

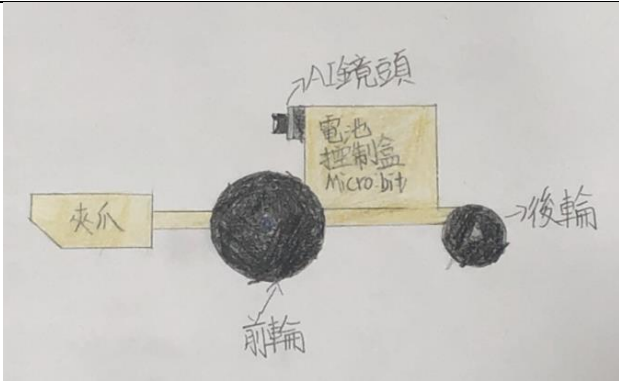
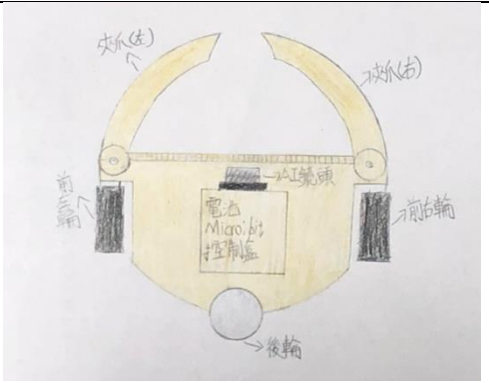
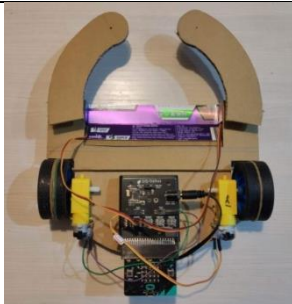
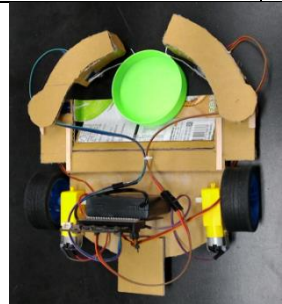

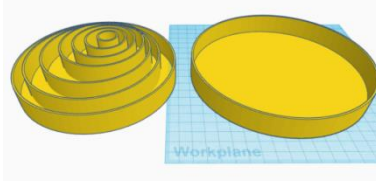


- 討論：

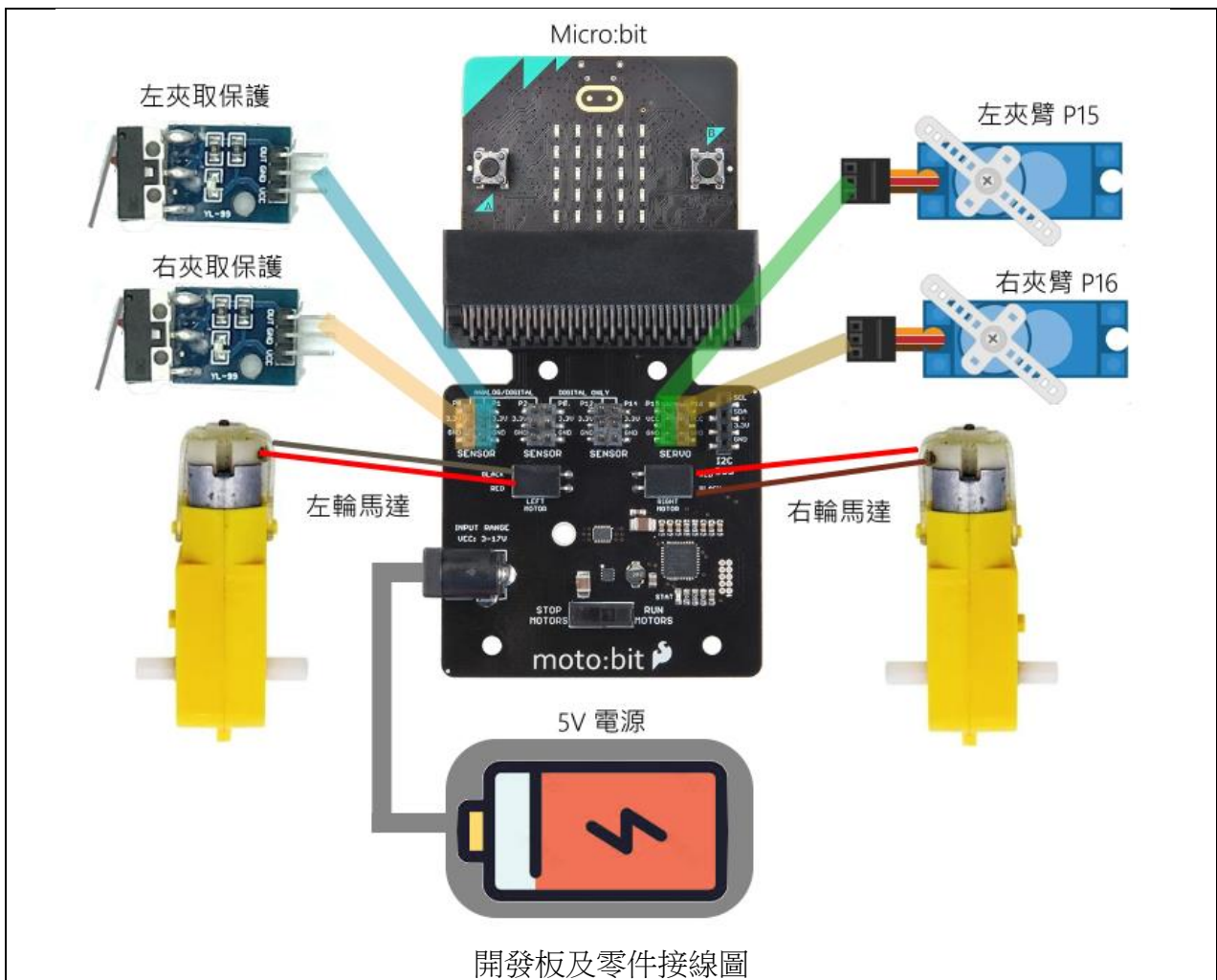
1. 使用超音波避障，常遇到誤判、提早轉彎的狀況，**實際測試後發現一超音波感測器有時會送出 0 的訊號**，我們進一步利用程式忽略掉 0 的方法去改進這個問題，但仍然有誤判情形發生，更換感測器仍然沒有明顯改善，我們認為這款感測器品質不良，導致訊號不穩定。
2. 我們發現用鐵絲配合微動開關時，鐵絲很容易卡到障礙物，仔細觀察後發現微動開關上的鐵片很鬆，加長後的鐵絲容易鬆弛的往外擺動，我們利用束線帶限制開關鐵片的鬆弛情況，並且利用鐵絲可以彎折的特性，適度調整鐵絲的彎折位置與角度，讓避障達到 100% 的結果。



(三) 研究三：收集結構的設計與實作

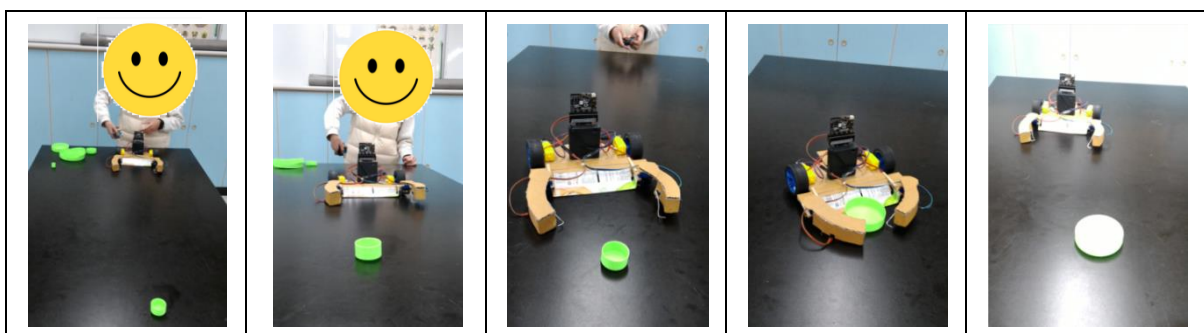
- 研究目標：製作出能在移動過程中夾取並攜帶玩具的收集結構。
- 研究方法：實作、實驗比較。
- 製作實驗工具：
 1. 以研究一、二的結果為基準進行設計。
 2. 夾臂兩邊的弧形長條是看到母親抱著孩子而聯想出來的；下方的凹槽是從掃地用的畚斗及推土機聯想到的。
 3. 利用 SG90 伺服馬達來達成夾具夾取的功能。
 4. 進行程式設計，完成具有夾臂的第 1 型收玩具機。
 5. 夾臂展開後最大的寬度是 **15 公分**，而且市面上的容器規格變化太大、沒有一致性，我們利用 3D 建模及列印製作出直徑 2cm、4cm、6cm、8cm、10cm、12cm、14cm 量測圓盤配合實驗。

		
收玩具機設計圖（側視圖）	收玩具機設計圖（俯視圖）	
		
收玩具機完成圖	收玩具機夾取圓盤實驗	收玩具機夾取玩具實驗
		
利用 TinkerCAD 建模	將量測盤 3D 模型印製出來	準備不同種類的玩具



實驗 3：夾取能力實驗

- 實驗目的：確認夾具可夾取的大小範圍，並且實際測試夾取玩具後攜帶的能力。
- 操縱變因：不同面積的夾取物、不同型態的玩具。
- 實驗工具：自製夾具底盤、自製無線遙控器、自製 3D 列印量測盤、玩具。
- 實驗步驟：
 1. 將夾具底盤和量測盤或玩具（以下簡稱待測物）分別放在起點與終點位置。
 2. 利用自製無線遙控器控制夾具開啟，移動控制底盤前進到待測物位置。
 3. 遙控夾取待測物後，讓底盤離開原本夾取位置超過 30 公分。
 4. 開啟夾具釋放待測物，夾具底盤後退遠離量測盤，完成實驗。



○ 實驗結果：

表 5. 不同類型的物件夾取功能摘要表

圓盤測試							
直徑	2cm	4cm	6cm	8cm	10cm	12cm	14cm
照片							
結果	V	V	V	V	V	V	V
玩具實測							
類別	大玩偶	小玩偶	小公仔	小汽車	大積木	樂高積木	小球
照片							
結果	△	V	V	V	V	V	V

※ 符號說明：V代表成功夾取，△代表有時成功有時失敗，X代表無法夾取。

1. 夾取範圍部份，本研究的夾臂可以夾取直徑 2 至 14 公分大小的量測盤。
2. 玩具實測的部份，玩具體積在 14 立方公分以內的玩具都可以被有效夾取，但是太大型或是形狀不規則的玩具會有不易夾取的情況，例如有些絨毛玩偶因為體積太大，躺下來時，夾具無法順利夾取。

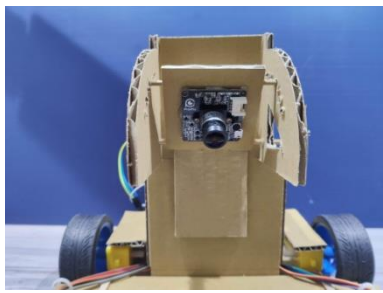
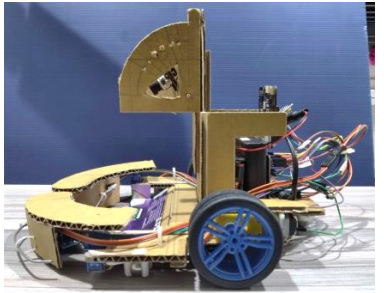
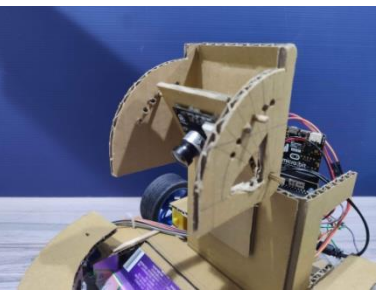
○ 討論：

1. 實驗時，夾臂夾住量測盤後仍緊抓不放，出現嚴重抖動，接著巡邏動作失效，無法正常運作，仔細檢查後，我們推論是夾臂夾住物體後，夾臂仍然要轉到指定角度，造成負荷過大讓供電突然中斷，我們增加夾到物品後感測停止的功能，當玩具觸碰到微動開關時，可以讓夾具偵測是否有夾到，然後停止夾動，以避免造成馬達損壞。
2. 用鐵線當做觸碰感測桿容易發生勾到玩具的情況，我們以 3D 建模列印的大面積側板來改良，避免勾到玩具且增加被觸發的機會。
3. 從夾取的類別與結果來看，本研究所設計的夾具適用於 14 立方公分以內的玩具。



(四) 研究四：在裝置上實現視覺辨識及自動判斷的功能。


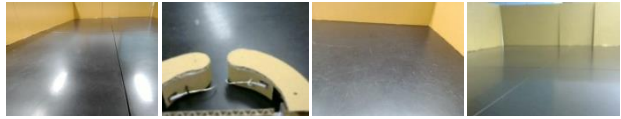
- 研究目標：讓「自動收玩具機」具有辨認玩具的功能。
- 研究方法：實作、實驗比較。
- 製作實驗工具：
 1. 以研究三的夾臂設計為基礎，我們著手將 Pixetto 視覺感測器模組與自動收玩具機結合，由 Micro:bit 接收辨識訊號然後進行進一步控制。
 2. 配合實驗 4-2，製作 30 度至 80 度的角度調整器（用來調整視覺感測器角度）。

		
將視覺感測器裝在底盤上	側面，可以調整鏡頭角度	組裝完成情形

● 實驗步驟：

實驗 4-1：建立視覺辨識功能

- 實驗目的：讓視覺感測器具有視覺辨識的功能，並且探討影響辨識成功的因素。
- 實驗工具：電腦、Teachable Machine 網站、Pixetto 視覺感測器、玩具。
- 實驗步驟：
 1. 收集各式各樣玩具，然後拍攝各種角度的玩具照片，累計超過 2000 張。
 2. 拍攝各種角度的環境照片（包括收玩具機的夾臂部份），累計超過 3400 張。
 3. 將收集到的照片上傳到 Teachable Machine 進行分類訓練。
 4. 將訓練後的模型上傳至視覺感測器，利用 Pixetto 軟體判斷是否辨識成功。

	收集的玩具類別： 小汽車、玩偶、球類、積木等。
	收集的環境類別： 環境周圍與平面、收玩具機夾臂等。

○ 實驗結果：

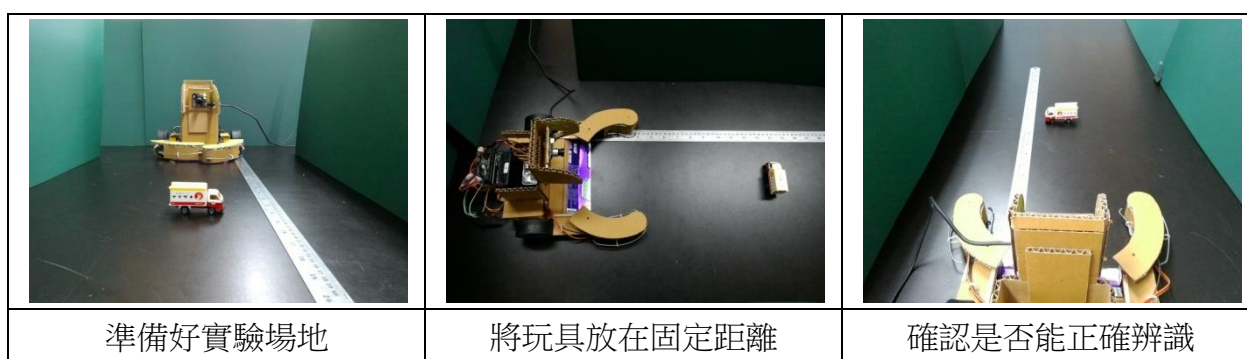
1. 經過實驗與調整後，視覺感測器可以分辨玩具與環境 2 種類別。
2. 同一個類別的照片量越多，模型越能成功辨識，減少誤判率。

- 討論：
 1. Teachable Machine 訓練出來的 AI 模型只能學會它所看過的照片，如果把視覺感測器照向其他沒有提供資料的環境，模型無法有效分辨結果，甚至也把環境雜物誤認為玩具，環境越複雜，誤判率也越高，因此，除了增加環境類別的照片數量外，視覺感測器的安裝角度也應該思考，以減少看到周遭環境。
 2. 常出現的物品如夾臂，也應該列入環境類別的訓練，避免模型將夾臂誤認為玩具。



驗 4-2：鏡頭的角度與可視範圍的關係

- 實驗目的：根據實驗 4-1，「視覺感測器的安裝角度」會影響辨識結果，因此設計本實驗以找出安裝角度與可視範圍的關係。
- 操縱變因：視覺感測器的安裝角度。
- 實驗工具：電腦、視覺感測器模組、視覺感測器模組角度調整器、玩具。
- 實驗步驟：
 1. 將視覺感測器模組的安裝角度設定至特定角度（30 度至 80 度）。
 2. 設置實驗場地，將已安裝好視覺感測器模組的底盤放置在起點區。
 3. 開啟視覺感測器模組軟體，從電腦螢幕上看到可視範圍。
 4. 將一個玩具放在可視範圍的最遠位置，利用捲尺測量視野距離，取得數值。
 5. 將玩具往鏡頭的方向推近，直到螢幕上的辨識綠框持續並且正確判斷，利用長尺測量辨識有效距離，取得數值，紀錄在 Excel 上。

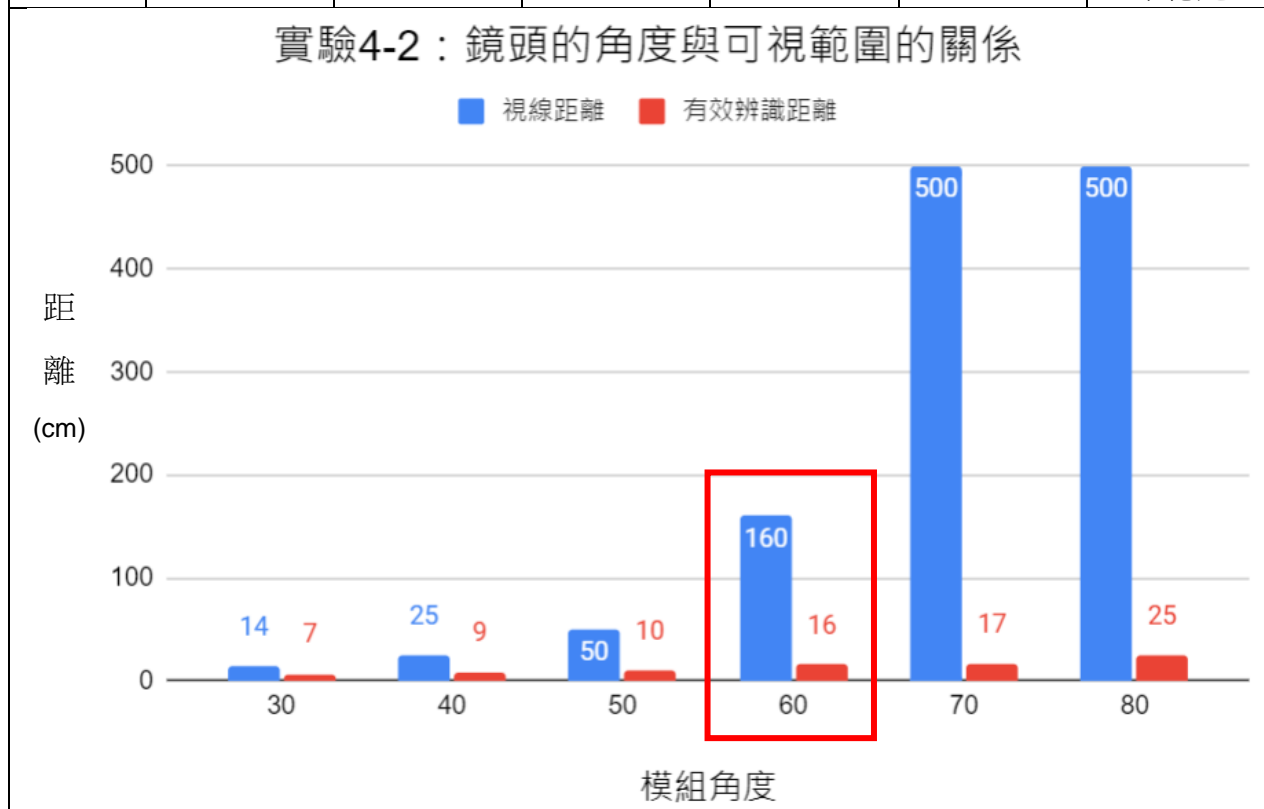


○

○ 實驗結果：

表 6. 視覺感測器的安裝角度與可視範圍之關係摘要表

鏡頭傾斜角度	30度	40度	50度	60度	70度	80度
辨識情形						
視線距離 cm	14	25	50	160	500 以上	500 以上
辨識有效距離 cm	7	9	10	16	17	25~27 不穩定



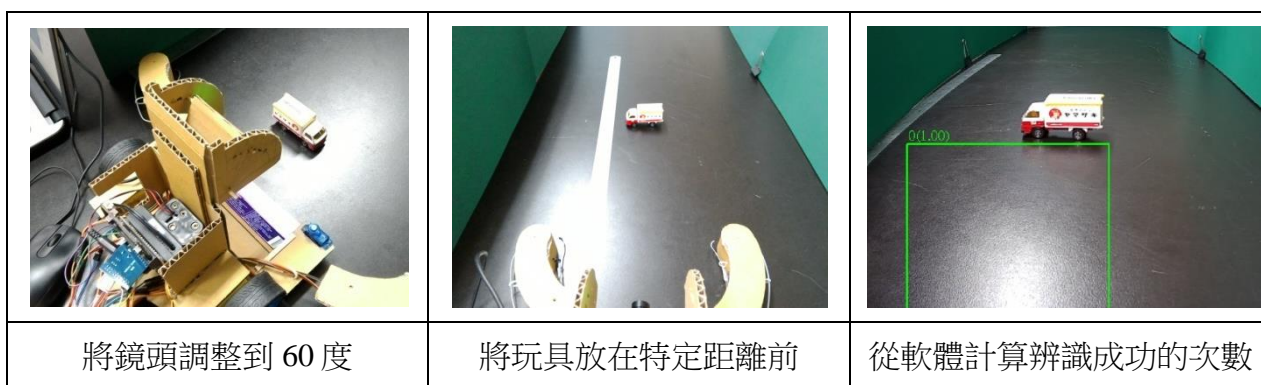
1. 實驗結果發現，鏡頭傾斜角越小，視線距離也越來越短，在 80 度與 70 度時，視線距離都超過 5 公尺，可以直接看到遠方環境，60 度時，最遠只能看到 160 公分的物品，到了 50 度，視線只剩下 50 公分。
2. 從結果來看，視線距離越遠，有效辨識距離也越長，但辨識結果會受到背景複雜度影響。

○ 討論：

1. 80 度雖然具有最遠的辨識距離 25 公分，但是辨識結果不穩定，有很多誤判發生；70 度時可以在距離 17 公分時就成功辨識到玩具，但是有時也會把背景的雜物辨認為玩具，在 60 度時，雖然有效辨識的距離比 70 度少 1 公分，但是辨識成功穩定度比 70 度時要更好；我們認為—安裝角度 60 度，較不受到遠方雜物影響，在 16 公分也具有穩定的辨識能力，因此後續採用 60 度的安裝角度。

實驗 4-3：單位時間內不同距離的辨識成功率

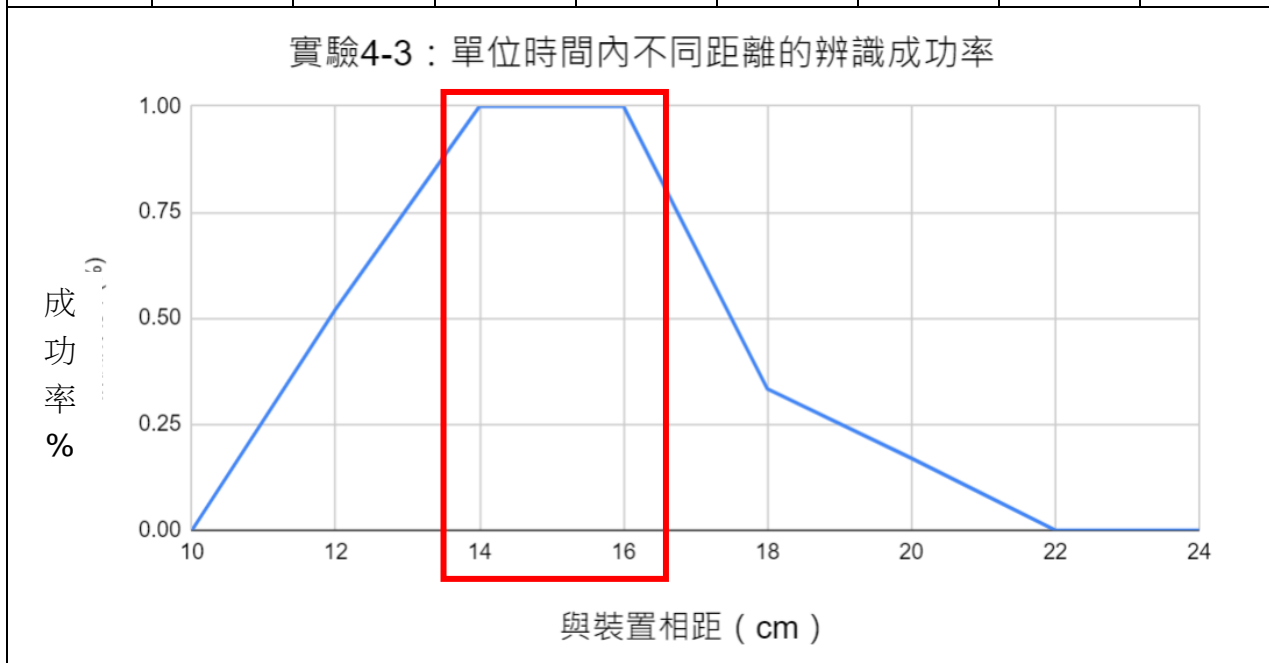
- 實驗目的：找出在安裝角度 60 度的情況下，不同距離的辨識成功率。
- 操縱變因：**鏡頭與玩具的距離**。
- 實驗工具：電腦、視覺感測器模組、玩具。
- 實驗步驟：
 1. 參考實驗 4-2 的結果，將視覺感測器模組設定到 60 度。
 2. 將玩具機放在起點區，將玩具放在特定距離位置（10cm~24cm）。
 3. 從電腦螢幕上計算固定時間之內（60 秒），成功辨識出玩具的機率。



- 實驗結果：

表 7. 不同距離之辨識成功率摘要表

鏡頭前 距離 cm	10	12	14	16	18	20	22	24
辨識 成功率%	0%	52.22%	100%	100%	33.33%	17%	0%	0%



在 60 度的安裝角度下，玩具從較遠的距離逐漸接近，視覺感測器模組可以辨識的範圍在 20 到 12 公分之內，最佳且穩定的辨識距離是 16~14 公分之間。

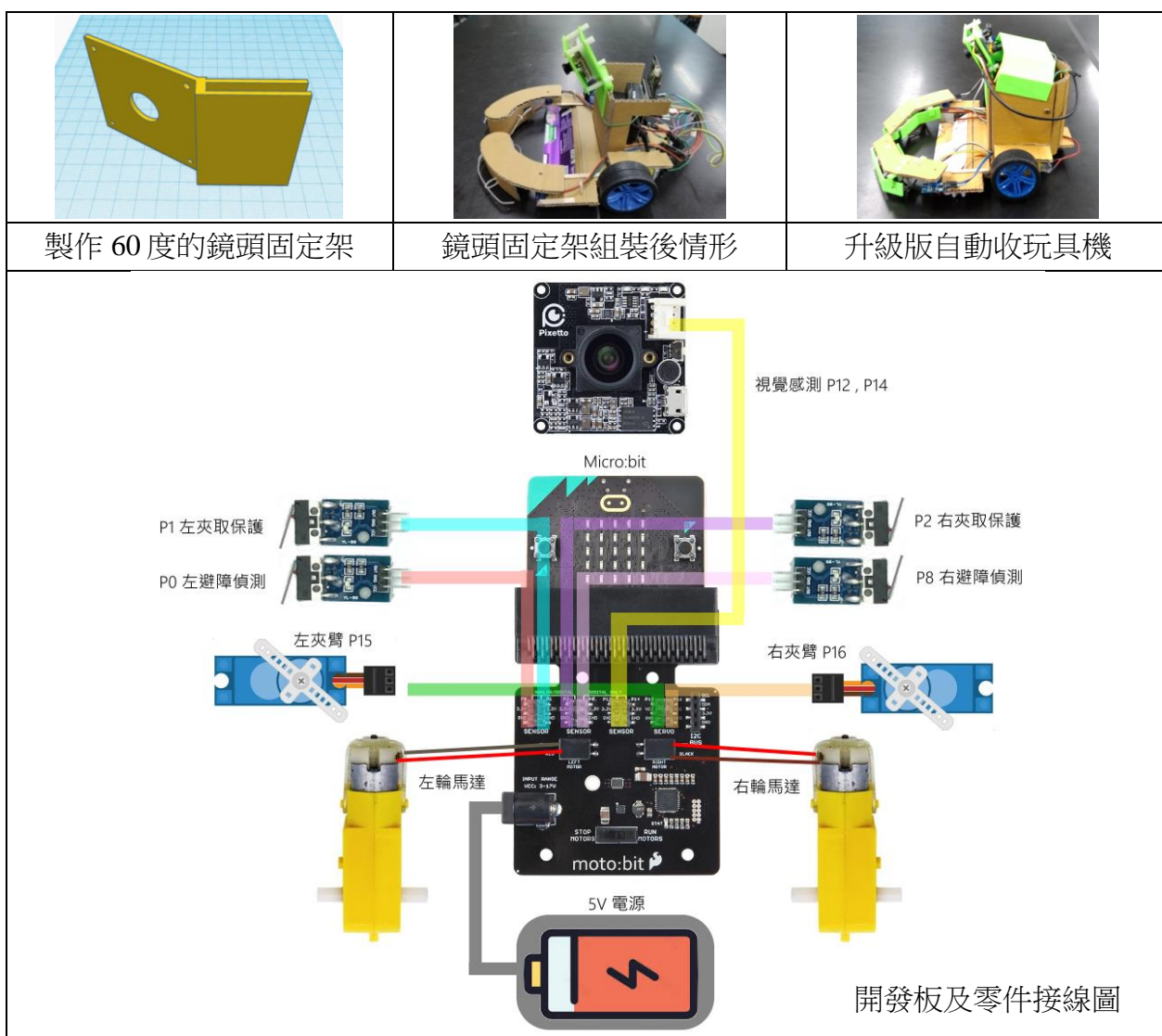
○ 討論：

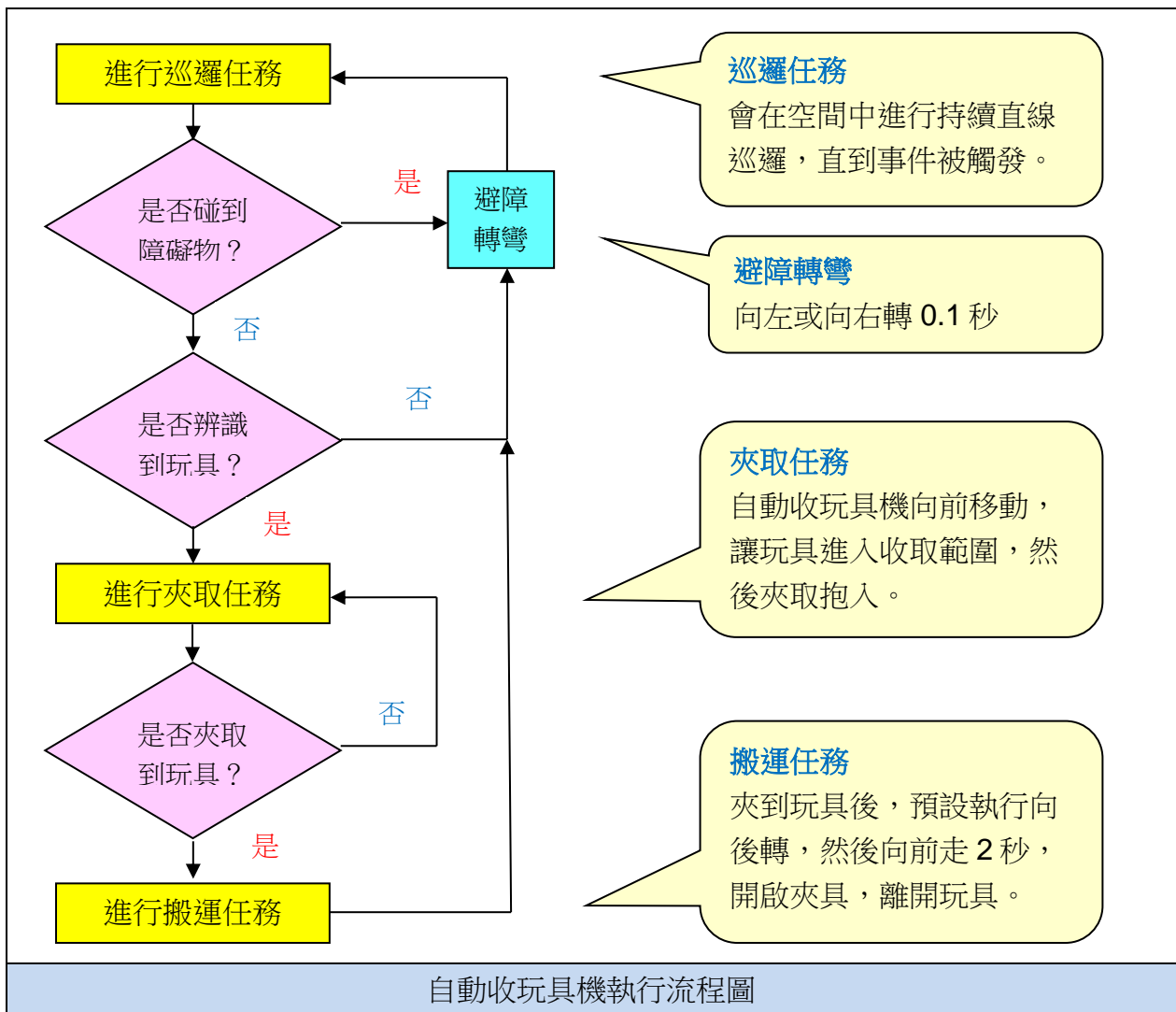
1. 最佳的辨識距離是 14 到 16 公分，代表玩具要進入到 16 公分以內，才會有最大的機率被成功辨識。
2. 從 Pixetto 軟體來觀察，視覺感測器大約每秒判斷 1 次，如果要在自動收玩具機上運用這個技術，底盤移動的速度不能太快，以提高移動中辨識的能力。

(五) 研究五：製作出可以自動巡邏並收集玩具的「AI 自動收玩具機」

- 研究目標：整合研究一至研究四的成果，製作出「AI 自動收玩具機」。
- 研究方法：實作後進行功能測試實驗。
- 製作實驗工具：

以研究四—結合視覺感測器模組的自動收玩具機為基礎，將自動避障、夾取偵測、視覺辨識等功能進行整合。完成硬體連接後，著手進行程式設計的工作。

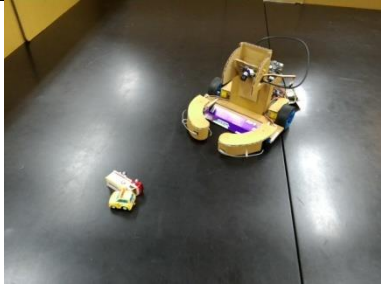
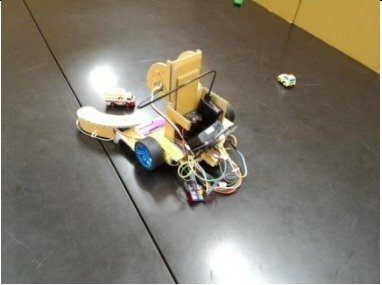
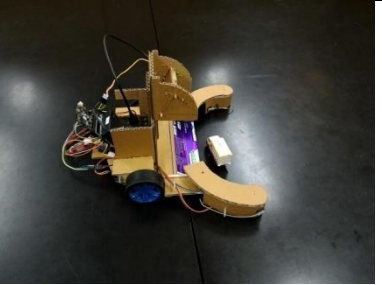




● 實驗步驟：

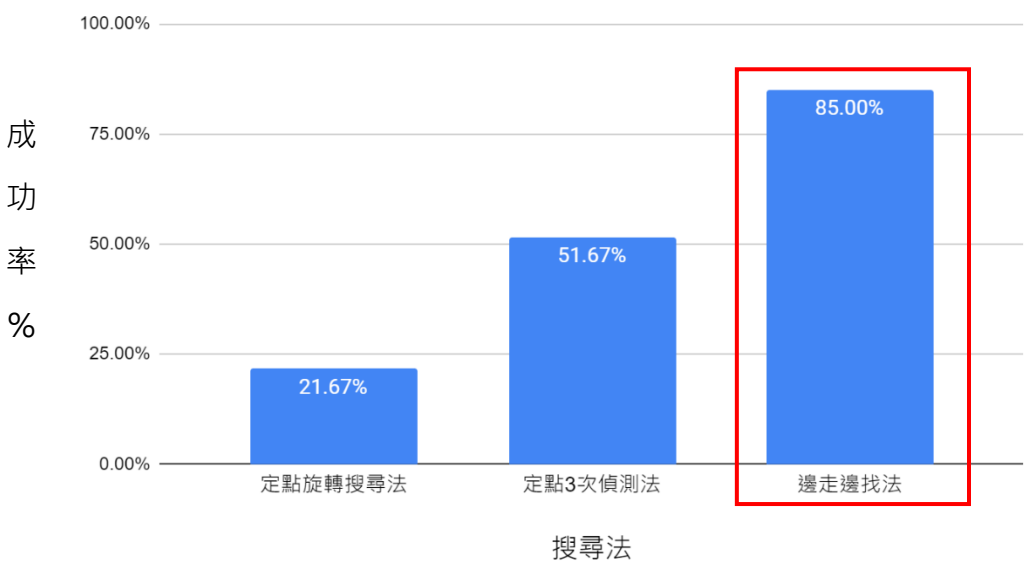
實驗 5-1：自動收玩具機運作模式的成功率比較

- 實驗目的：實測自動收玩具機在巡邏的過程中，遇到玩具時能進行有效辨識、夾取、帶離原位、放下玩具過程的成功率。
- 實驗工具：自動收玩具機原型。
- 實驗步驟：
 1. 準備好實驗場地，在場地中放置不同類別的玩具。
 2. 將自動收玩具機原型放在起點位置，準備完成後開始執行收玩具任務。
 3. 觀察自動收玩具機在巡邏的過程中，在 20 次經過玩具的機會中（或正對著玩具）時，成功辨識玩具然後夾取玩具的次數，進行 3 次，計算平均成功率。

		
將自動收玩具機進行實驗	偵測到玩具開始進行夾取	夾取後迴轉進行放置動作

○ 實驗結果：

表 8.自動收玩具機不同運作流程之成功率摘要表

模式	模式 1 - 定點旋轉搜尋法	模式 2 - 定點 3 次偵測法	模式 3- 邊走邊找法								
流程說明	巡邏過程中，直走 20 公分後停止，原地旋轉偵測找玩具。	先巡邏一段距離，停止動作後再進行 3 次偵測與確認。	巡邏過程中邊偵測，偵測到有物品先停下來，確定是玩具就收玩具。								
平均成功率	21.67 %	51.67 %	85 %								
實驗結果	<p>實驗5-1：自動收玩具機運作模式的成功率比較</p>  <table border="1"> <caption>實驗5-1：自動收玩具機運作模式的成功率比較</caption> <thead> <tr> <th>搜尋法</th> <th>成功率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>定點旋轉搜尋法</td> <td>21.67%</td> </tr> <tr> <td>定點3次偵測法</td> <td>51.67%</td> </tr> <tr> <td>邊走邊找法</td> <td>85.00%</td> </tr> </tbody> </table>			搜尋法	成功率	定點旋轉搜尋法	21.67%	定點3次偵測法	51.67%	邊走邊找法	85.00%
搜尋法	成功率										
定點旋轉搜尋法	21.67%										
定點3次偵測法	51.67%										
邊走邊找法	85.00%										

模式 3- 邊走邊找法可以在發現玩具時就停下來，然後進行收玩具動作，成功率達到 85%，是 3 種模式中最好的。

○ 討論：





1. 進行模式 1 - 定點旋轉搜尋法時，直走 20 公分有時會錯過玩具，原地旋轉時成功偵測範圍是在 16 公分內，玩具不一定在範圍內，這個模式效率低。

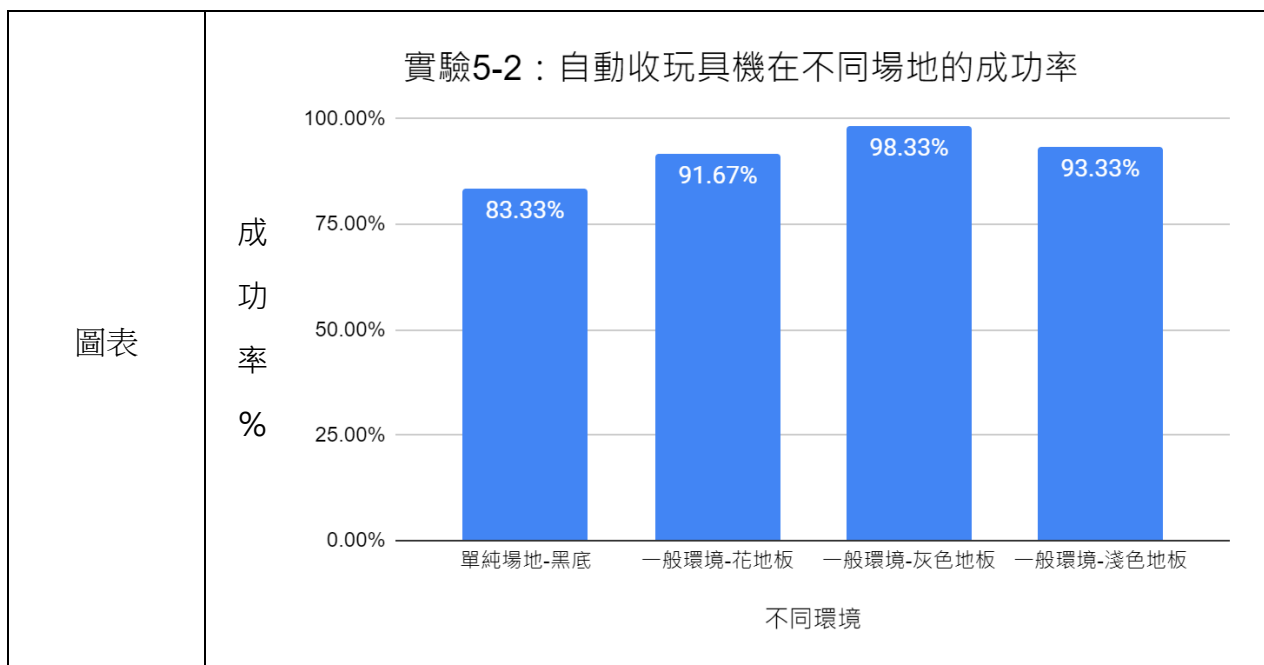
2. 進行**模式 2 - 定點 3 次偵測法**時，先巡邏一段距離也會錯過玩具也花費較長時間，但是因為採取 3 次確認，所以辨識成功並夾取的機率提高。
3. 在實驗 5-1 中，雖然使用的副程式是相同的，但因為三種流程模式的執行動作不一樣，造成收玩具的結果也不同，以**模式 3 的成功率最好**，結果顯示**一運作流程的設計會影響作品運作的效果**。
4. 運作過程中，會有玩具被推出場外的情況，可將夾具改成前進時張開，後退時夾起的動作，可以將經過的玩具一起收進來。
5. 放下玩具後，會轉向測試場地，**轉動的角度應該採隨機調整**，否則收整玩具的路線會太固定，導致有些路線上分布的玩具無法被收到。

實驗 5-2：自動收玩具機在不同場地的成功率

- 實驗目的：將實驗 5-1 的「自動收玩具機」放到一般環境中（未拍照訓練），實測裝置的成功率。
- 實驗工具：自動收玩具機原型機、玩具。
- 製作實驗工具：將碰撞避障功能改裝成循跡感測版本（才能感測色塊放玩具）。
- 實驗步驟：
 1. 為了測試「自動收玩具機」將玩具帶到特定位置的能力，本研究透過循跡感測器及色塊的方式界定範圍及基地位置。
 2. 採用實驗 5-1 的模式 3 的運作流程，將自動收玩具機放在一般地板環境中進行實驗，20 個玩具採隨機任意擺放。
 3. 統計自動收玩具機在 10 分鐘之內可以收取多少個玩具，計算成功機率。
- 實驗結果：

表 9. 自動收玩具機在不同場地的成功率摘要表

環境	環境 1- 單純場地（黑底）	環境 2 淺色地板環境	環境 3 深灰色地板環境	環境 4 花色地板環境
環境說明				
平均成功率	83.33 %	91.67 %	98.33 %	93.33 %



自動收玩具機分別在 4 種不同的環境進行實測，除了黑底單純場地的成功率是 83.33 之外，其他 3 種地板環境都能達成 91.67% 以上的成功率。

○ 討論：

1. 黑底單純場地的成功率低於其他 3 種地板場地，我們認為可能與桌面材質有關，雖然這個場地是黑色，但是材質是塑膠，有反光的情形，導致自動收玩具機將反光誤認為玩具，降低收玩具的成功率。
2. 自動收玩具機上，為了避障而設計的鐵絲容易勾到玩具，改成垂直面的片狀設計，除了讓碰撞接觸面增加，也解決容易勾到玩具及家具的問題。

(六) 研究六：設計出可以在收取物品後，自動返回基地的功能

- 研究目標：讓「自動收玩具機」不需要標線，也能有回家的能力。
- 研究方法：實作後進行功能測試實驗。
- 實驗步驟：

實驗 6-1：訊號強度與距離的關係

- 實驗目的：找出 2 組 Micro:bit 之間的距離改變，發射的訊號強度是否具有規律性。
- 實驗工具：自動收玩具機原型（接收訊號）、Micro:bit（發射訊號）。
- 實驗步驟：
 1. 準備 2 組 Micro:bit，一組發射訊號，自動收玩具機原型負責接收訊號。
 2. 將 2 組距離依序從 20 公分增加至 120 公分，每 20 公分一個間隔，各收集 50 筆訊號強度資料進行平均。



在室外地板實驗

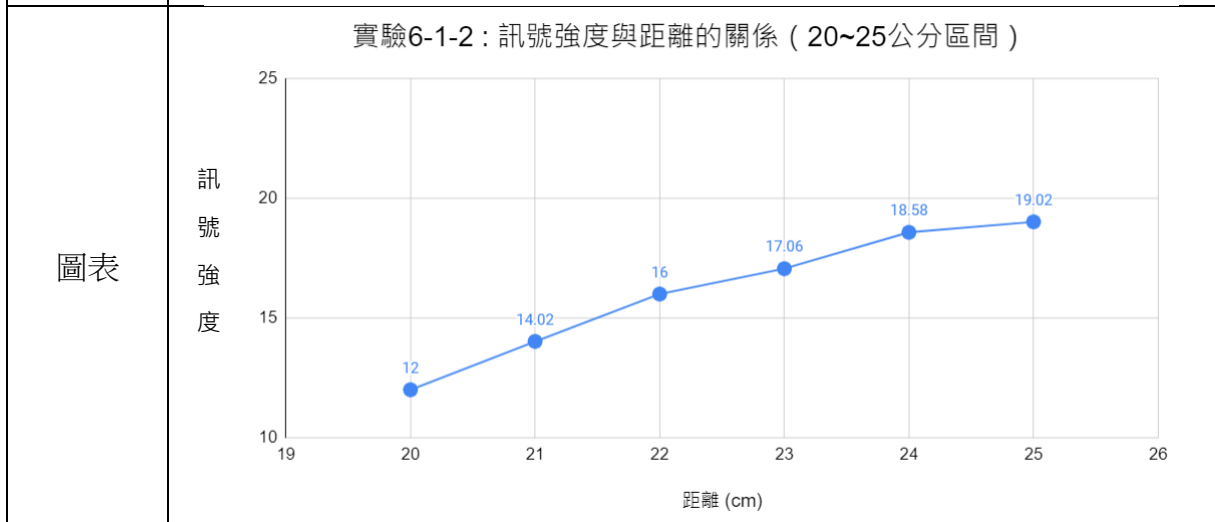
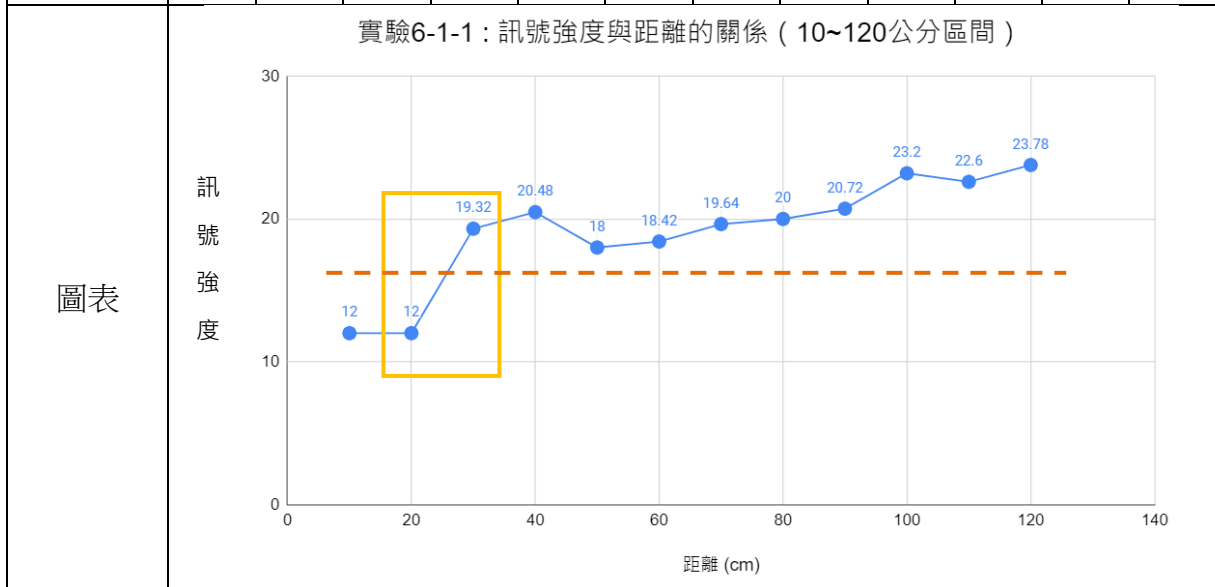
將 2 端距離標定並且實測

按下發射訊號鈕

○ 實驗結果：

表 10.訊號強度與距離的關係摘要表

距離 cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
最大值	12	12	20	21	18	19	20	20	21	25	23	24
最小值	12	12	19	20	18	18	19	20	20	22	22	23
標準差	0	0	0.47	0.5	0	0.5	0.48	0	0.45	0.49	0.49	0.42
平均訊號強度	12	12	19.32	20.48	18	18.42	19.64	20	20.72	23.2	22.6	23.78



*已先測試訊號強度最強是 -42 (dBm)，為方便理解，數值都+42 並轉成正值，數值越小強度越強。

1. 從實驗 6-1-1，10 至 120 公分的實驗結果可以發現，訊號強度與距離大致上接近線性關係，30 公分至 40 公分之間強度呈現突然增加，強度值高於 50 至 80 之間的值；10 至 20 公分則呈現一致不變的數值（12）。
 2. 為了追蹤 20 公分至 30 公分之間的變化情形，我們進行實驗 6-1-2，從結果來看，25 公分以上的強度數值接近 30 公分值，而 20 公分至 25 公分則有明顯累加的線性關係。
- 討論：
1. 距離 25 公分以上的強度值有明顯的波動，對面積不大的室內空間來說，只能用來當做距離的參考，不適合用於精準的定位。
 2. 20 公分至 30 公分之間的數值變化明顯，在 20 公分以內則有一致性低於 12 的特性，「自動收玩具機」可以利用這項特性判斷基地是否在 20 公分以內。

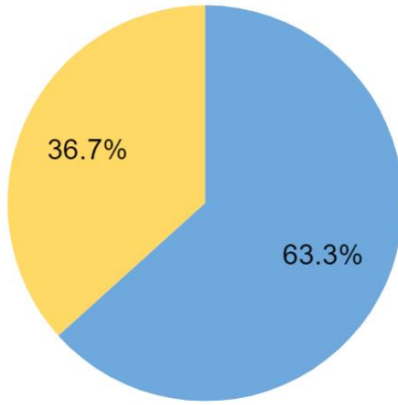
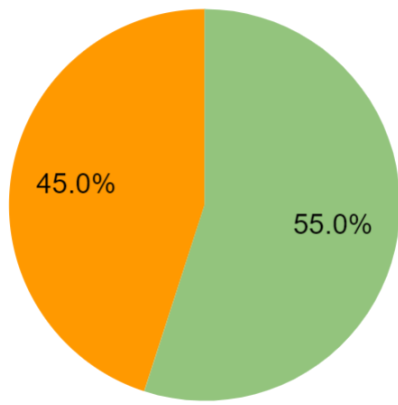
實驗 6-2：以訊號強度設置虛擬圍牆與基地

- 實驗目的：設置**虛擬圍牆與基地**，讓裝置能在特定距離內折返，並且將玩具收集在特定位置。
- 實驗工具：自動收玩具機原型、第 2 組 Micro:bit（基地）。
- 實驗步驟：
1. 將「基地發射台」放在場地中間，在基地週邊放置 20 個玩具。
 2. 將自動收玩具機原型放在基地前起點位置，開始執行收玩具任務。
 3. 觀察自動收玩具機在巡邏的過程中，統計自動收玩具機在 10 分鐘之內可以收取多少個玩具並且返回基地將玩具放下，計算成功機率。
 4. 放玩具範圍：基地放在場地中，設定半徑 23 公分的圓，訊號強度值 17 以內。



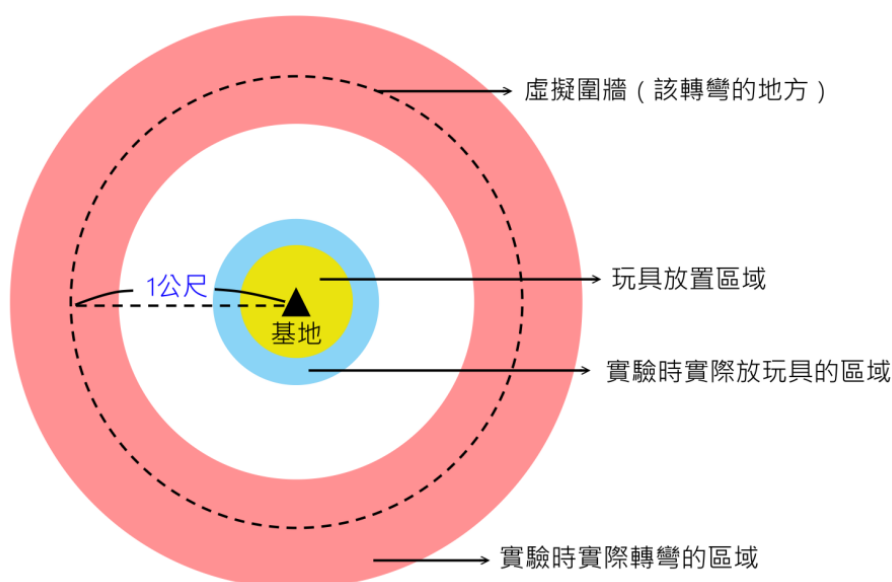
○ 實驗結果：

表 11. 虛擬圍牆折返及收玩具至定點成功率摘要表

實驗	虛擬圍牆折返成功率	收回玩具成功率
成功率	63.33 %	55 %
圖表	<p>實驗6-2：虛擬圍牆轉彎成功率</p>  <p>● 虛擬圍牆轉彎成功 ● 虛擬圍牆無反應</p>	<p>實驗6-2：收回玩具成功率</p>  <p>● 收回玩具數 ● 未收回玩具數</p>

1. 利用訊號強度設置虛擬圍牆，自動收玩具機成功折返的機率是 63.33%。
2. 利用訊號強度作為接近基地的參考，自動收玩具機將玩具放置到基地範圍的成功率是 55%。

○ 討論：



實驗 6 自動收玩具機運作示意圖

1. 自動收玩具機在移動的過程中，一開始常會走出虛擬圍牆，我們嘗試從程式設計將發射強度調到最低，折返的成功率有明顯提升。
2. 從實驗結果來看，訊號強度可以作為自動收玩具機與基地的距離參考，但是當自動收玩具機與基地之間的距離改變時，訊號強度常有不穩定的問題，遇到虛

擬圍牆該轉彎時卻仍然繼續往前走，或還沒有碰到放玩具的預設區域就開始放玩具，我們認為 **Micro:bit** 的訊號強度適合用在較長距離的測定，對於「自動收玩具機」所設定一半徑 1 公尺的圓圈範圍來說有精準度不足的問題。

肆、討論

一、關於研究一—適用於家中進行移動底盤型態的討論

在完成研究一的實驗後，確認**第 5 型—圓型內置 2 輪底盤**是最適合在家中移動並且收玩具的底盤設計，從實驗的過程中，可以發現到底盤的形狀、輪子的安裝位置及摩擦力等因素，都會影響底盤的移動效果，此外，雖然其他 4 種底盤在實驗的表現不如第 5 型，但是並不代表那是失敗的設計，例如第 1 型長方型 4 輪的 4 輪傳動特性可以製造出更大的推動力，未來如果有推動力的需求就可以列入設計上的參考。

二、關於研究二—避障方法的討論

在研究二的實驗後，我們認為**對避障功能來說，感測器的穩定性是最重要的**，雖然非接觸式的感測方法（超音波）是比較好的設計，但是穩定性不佳，因此我們必須改採接觸式的避障方法（碰撞開關）；另外，**夾臂外側的避障設計需要考慮到材質、外形跟觸碰點的問題**，設計得好，才能讓收玩具機在碰到障礙物時做出立即反應的動作。

三、關於研究三—收集結構的討論

我們參考很多夾具設計，了解收集玩具有很多種方法，最後採用**左右雙臂向內夾取**的動作設計，在經過研究三的實驗後，我們認為，**如果要控制伺服馬達，應該先解決供電的問題**，才能讓裝置正常運作，否則無論程式怎麼修改，抖動或斷電情況仍然會一直出現；此外，**夾臂設計與底盤面積會限制夾取玩具的大小範圍**，在不改變夾臂結構的情況下，加大底盤面積、更換力量更大的伺服馬達，都可以提升收集玩具的能力。

四、關於研究四—實現視覺辨識功能的討論

在進行 Teachable Machine 訓練時，提供照片的種類與數量會影響辨識的效果，AI 模型時，會有**辨識錯誤的情況**，大部份是因為複雜的環境或雜物造成的，因此，除了增加環境類別的照片數量外，**視覺感測器的視野角度也應該思考**，以減少周遭環境影響。

五、關於研究五—整合功能製作「AI 自動收玩具機」的討論

在完成研究五的實驗後，**運作模式的設計對於收玩具效果有很大的影響**，在本研究中，**模式 3 邊走邊找法**有最好的效果；而為了避免讓「AI 自動收玩具機」的行走路徑太固定，**轉動的角度應該採取隨機取數的方式**，以提高場地內的每個區域被通過的機會。

六、關於研究六一設置虛擬圍牆與基地的討論

在經過研究六的實驗後，我們認為訊號強度可以作為自動收玩具機與基地的距離參考，但是不適合用於精準的定位；對於「自動收玩具機」所設定一半徑 1 公尺的圓圈範圍來說，訊號強度常有不穩定、精準度不佳的問題，在進行折返、放玩具的運作反應仍然有進步空間。

伍、結論

本研究從許多家庭的共同困擾—「玩具亂丟」出發，嘗試透過機器學習、自動化的方式設計出一組可以幫助家庭進行「自動收玩具」的裝置，經過一系列的探討過程，本研究依序完成一底盤研究、避障研究、夾臂設計、建立視覺辨識功能、功能整合並開發「AI 自動收玩具機」及建置虛擬圍牆折返與放玩具於基地等目的，綜合以上結果，本研究結論如下：

- 一、在界定範圍的條件下，「AI 自動收玩具機」最高可達 98.33% 的收玩具成功率，可幫助家中有幼兒的家庭進行收玩具的工作。
- 二、結合機器學習與自動化的特性開發家務輔助機器人，用於協助處理家中繁雜事務是具有發展潛力的。

本研究未來仍然具有持續探討的方向，包括如何更精確的室內定位、提升收整玩具的數量與效率等，更可以延伸到家中常見的物品，幫助更多家庭解決繁瑣家務。

陸、參考資料與其他

- 蔡俊傑（2019）。**輕鬆玩 micro:bit 程式設計入門**。基峰圖書：台北市。
- 林柏丞、黃振宸、徐昀、余冠霖、周鈺傑、林尹晴（2007）。**以樂高電子積木設計自動化控制溫室系統**。科展群傑廳 - 全國中小學科展。取自 <https://reurl.cc/Yd5ZXx>。
- 張余阡、林虹妤、陳巧軒、張芹蜜、劉玟璇、劉峻易（2021）。**孑孓孳孳~智能水溝清理機**。科展群傑廳 - 全國中小學科展。取自 <https://reurl.cc/4p2OqD>。
- 潘品全、李愈禾、鄭宇恩、林峻民、陳鑫、邱秉程（2021）。**虎媽保護你—智慧型 AI 導護桿**。科展群傑廳- 全國中小學科展。取自 <https://reurl.cc/kqGqg3>。
- 楊淳閔、鄭茗紘（2022）。**Do It Myself-智能棒球訓練系統**。科展群傑廳 - 全國中小學科展。取自 <https://reurl.cc/GX00oy>。
- 王苡蕎、黃品維、潘享妤（2022）。**「蟲」來不「蚊」-校園 AI 防蚊管制系統**。科展群傑廳 -全國中小學科展。取自 <https://reurl.cc/ROEYZG>。
- 黃予馴、張哲銘、蔡承邑、任子嫻、柯筱庭、何芸樓（2021）。**智能菜圃~利用多元控制及 AI 辨識技術協助蔬菜種植之研究**。科展群傑廳- 全國中小學科展。取自 <https://reurl.cc/YXZbAL>。

【評語】 082804

本作品為開發一套收拾小玩具的機器人，包括底盤、視覺辨識、巡跡等研發設計。

研究目的邏輯與條列順序清楚。其優點可臚列如下：

1. 發展 5 種類型的移動底盤，並進行六項實驗，問題解決步驟與數據分析合宜，將各種控制因素作分析比較 分析與討論歸納。
2. 對於有幼兒的家庭來說，這款裝置的構想可以大大節省收拾玩具所花費的時間。
3. 作品設計結合了機器學習與自動化的特性，以此來開發家務輔助機器人，未來有廣大的潛力。

若有機會繼續研發，以下方向可供參考：

1. 玩具辨識方法採用學習的方法，但沒有評估辨識正確率。
2. 巡邏方法採取邊走邊抓取玩具，但可採取較有系統的策略或方法。例如，加巡跡等研發設計，以增加項目的深度和全面性。

3. 增加探討家庭助手機器人在現實生活中的應用，並解釋它們在不同場景下的優勢。。

作品海報

應用機器學習實現家務輔助機器人

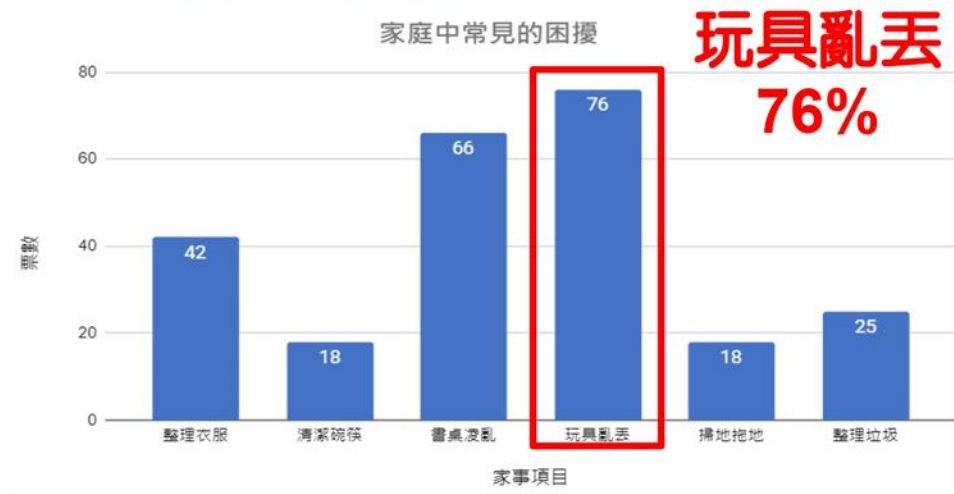
-以收玩具為例



摘要

本研究利用機器學習技術研製可協助整理地面雜物的家務輔助機器人，以自動收玩具為例。研究結果發現圓型內置2輪底盤有最佳室內移動效果，觸碰避障有100% 避障成功率，可夾取2~14公分的玩具，視覺感測模組最佳安裝角度是60度，最佳辨識距離為14~16 公分，可達到 83.33% ~ 98.33% 的收玩具成功率，利用無線電波訊號強度設置虛擬圍牆及基地範圍，結果顯示最高可達75%的折返成功率及65%的收玩具成功率。

壹、研究動機



1. 市售居家自動化產品：掃地、拖地、洗碗、監控等。
→ 「玩具亂丟」困擾未被解決
2. 經文獻探討，「**自動化**」可以協助解決生活問題，「**人工智慧**」可以做到自動辨識的技術。

貳、研究目的

- (一) 探討適合用於家中進行移動的底盤型態
- (二) 探討有效避開障礙物的方法研究動機
- (三) 收集結構的設計與實作
- (四) 在裝置上實現視覺辨識及自動判斷的功能
- (五) 製作出可以自動巡邏並收集玩具的「AI自動收玩具機」
- (六) 設計出可以在收取物品後，自動返回基地的功能

參、研究設備與器材

Micro:bit開發板	motobit擴充板	視覺辨識鏡頭	SG90伺服馬達	TT馬達	3D印表機

肆、研究流程

一、功能設計

1. 適合的底盤結構

- 實驗1-1旋轉效率
- 實驗1-2邊牆逃脫能力
- 實驗1-3角落逃脫能力

2. 避開障礙物方法

實驗2 避障效能實驗

3. 適合的夾具結構

實驗3 夾取範圍實驗

4. 建立視覺辨識功能

- 實驗4-1建立模型與測試
- 實驗4-2鏡頭角度與範圍
- 實驗4-3距離與成功率

二、機電整合

5. 機電整合建構原型機

- 實驗5-1運作模式的成功率
- 模式1. 定點旋轉搜尋法
 - 模式2. 定點3次偵測法
 - 模式3. 邊走邊找法

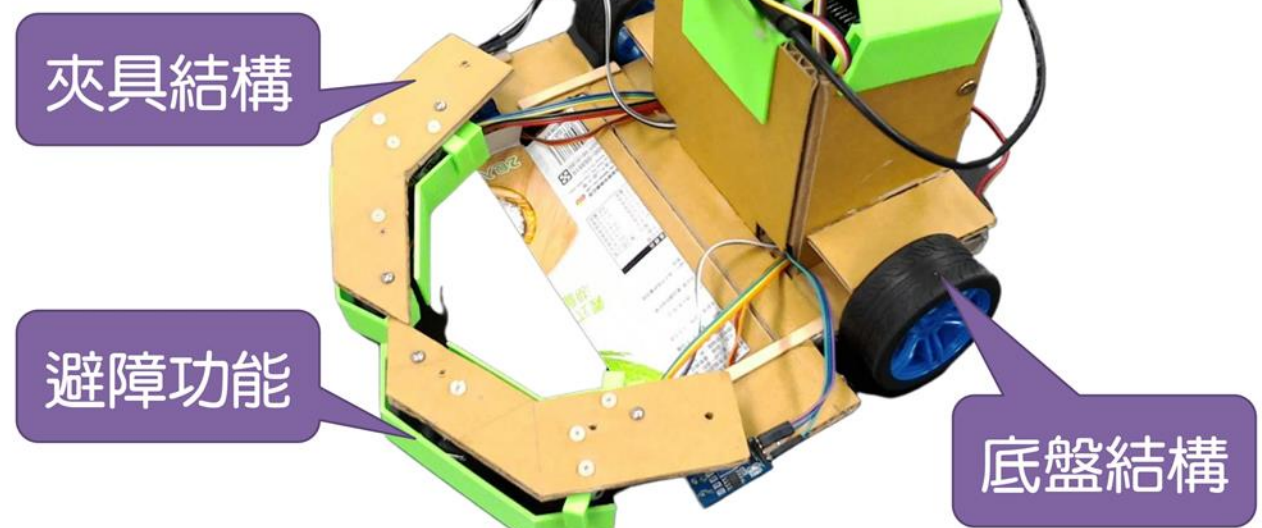
實驗5-2不同場地的成功率

- 環境1. 單純場地(黑底)
- 環境2. 淺色地板
- 環境3. 深色地板
- 環境4. 花色地板

三、自動返回

6. 自動返回功能設計

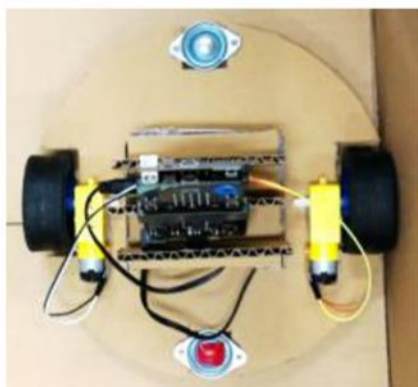
- 實驗6-1訊號強度與距離
- 實驗6-2虛擬圍牆與基地



伍、研究結果

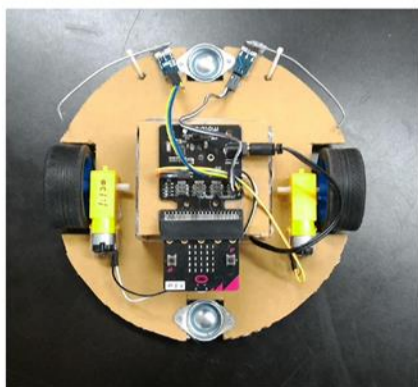
研究一~三：底盤型態、避障功能、夾取結構

實驗1-1~1-3
最適合的底盤結構



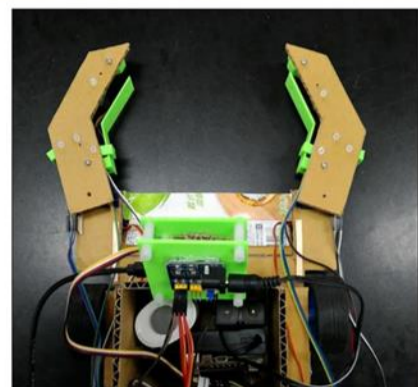
圓形內置2輪

實驗2
避障效能實驗



2顆微動開關，成功率100%

實驗3
夾取範圍實驗



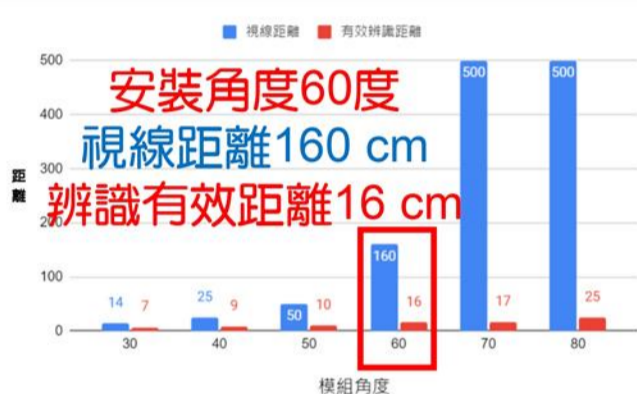
夾取尺寸：2~14公分

研究四：在裝置上實現視覺辨識及自動判斷的功能

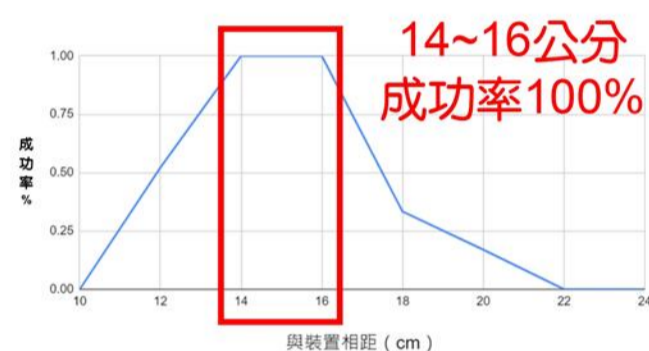
實驗4-1
建立視覺辨識功能



實驗4-2
鏡頭的角度與可視範圍的關係



實驗4-3
單位時間內不同距離的辨識成功率



- 增加訓練類別，可增加辨識率，可分辨玩具與環境。
- 訓練照片增加，AI模型辨識率提升。

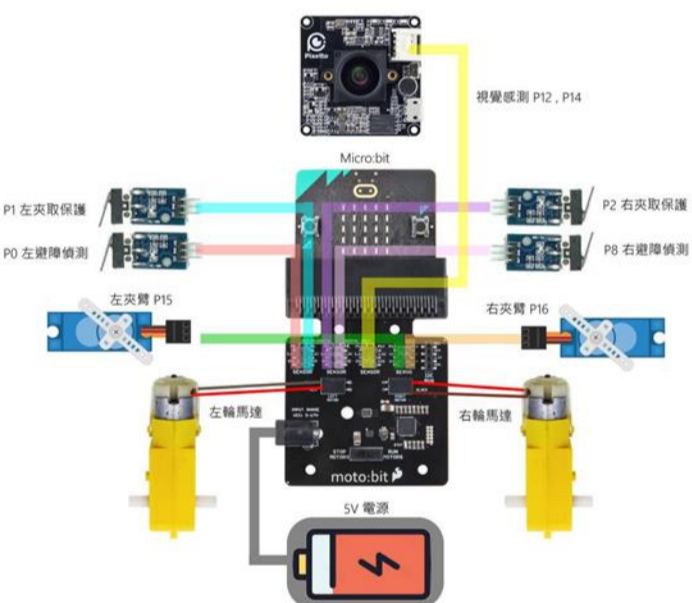
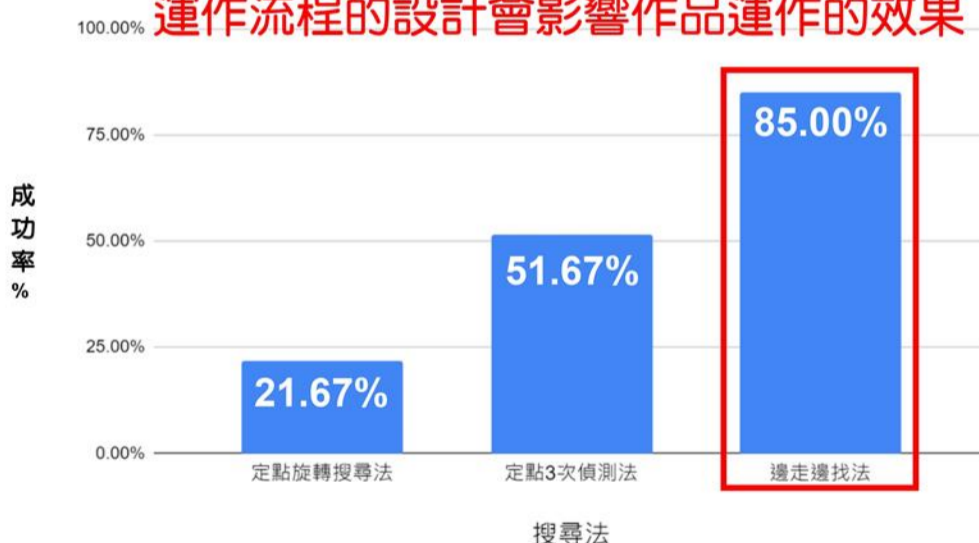
- 最佳安裝角度：60度。
- 鏡頭傾斜角越小，視線距離也越來越短。
- 背景複雜度會影響辨識結果。

- 最佳辨識距離是14~16公分。
- 配合AI鏡頭辨識速度，底盤移動速度不能太快，以提高移動中辨識的能力。

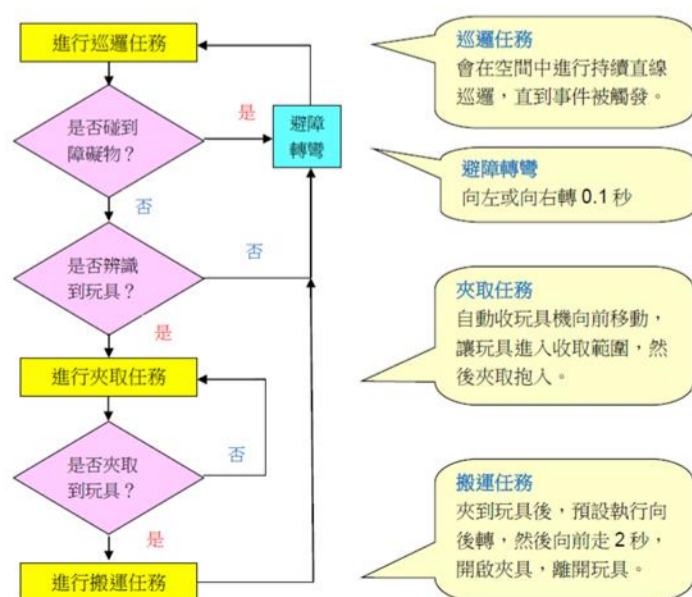
研究五：製作出可以自動巡邏並收集玩具的「AI自動收玩具機」

實驗5-1 運作模式成功率比較

模式3-邊走邊找法 成功率85%
運作流程的設計會影響作品運作的效果



機電整合—開發板及零件接線圖



AI自動收玩具機運作流程圖

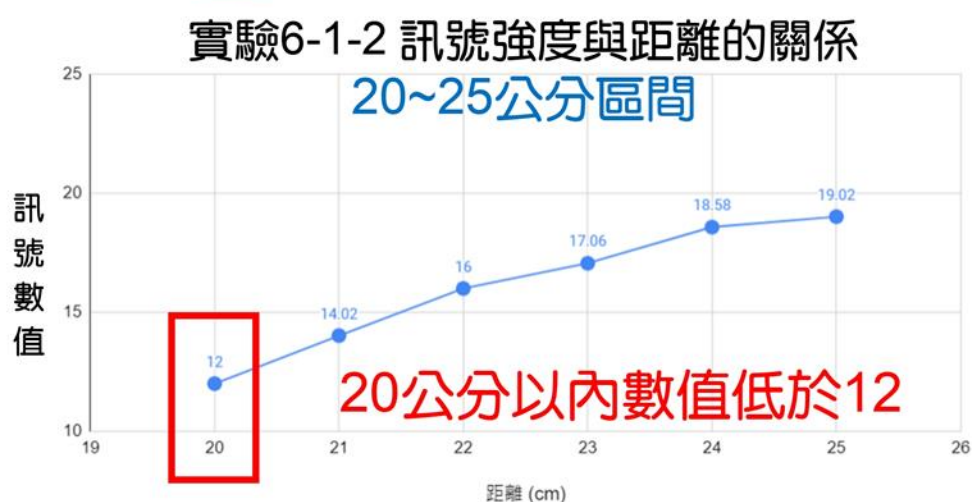
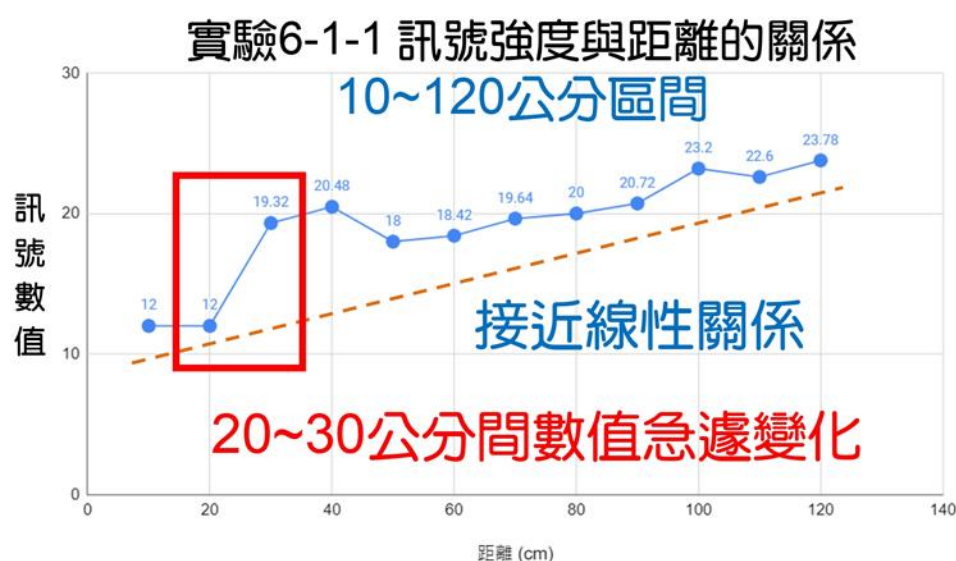
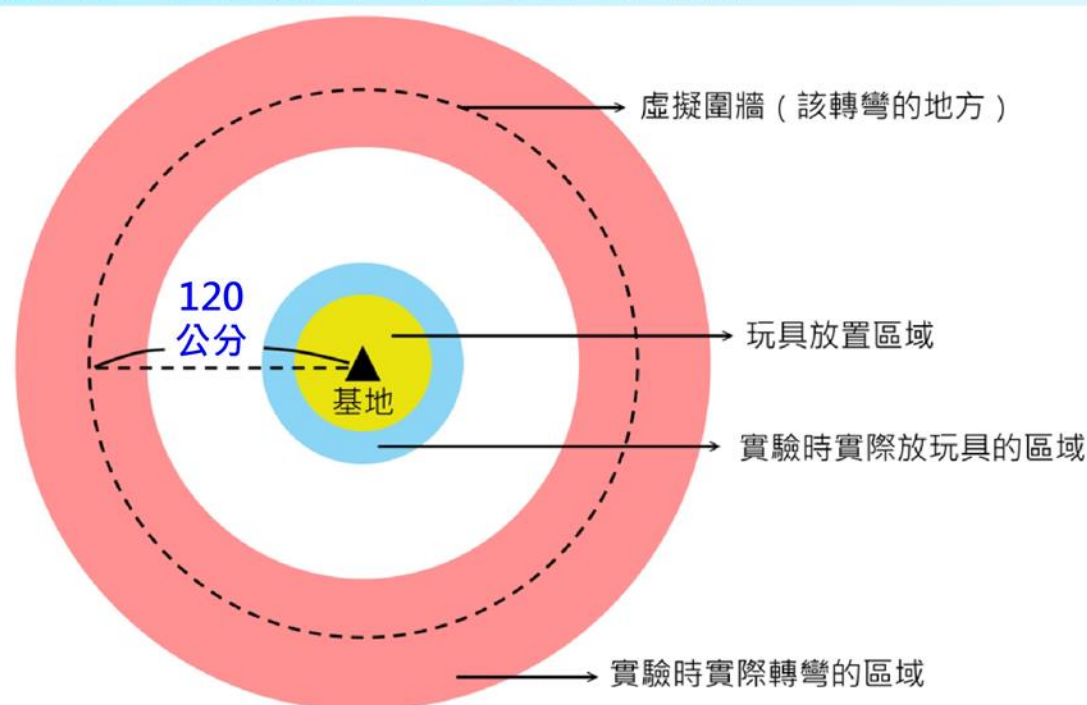
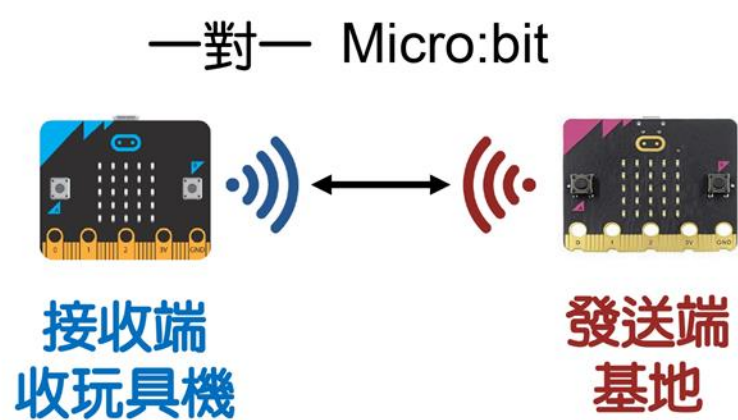
實驗5-2 不同場地的成功率

自動收玩具機成功率83.33%~91.67%



研究六：設計出可以在收取物品後，自動返回基地的功能

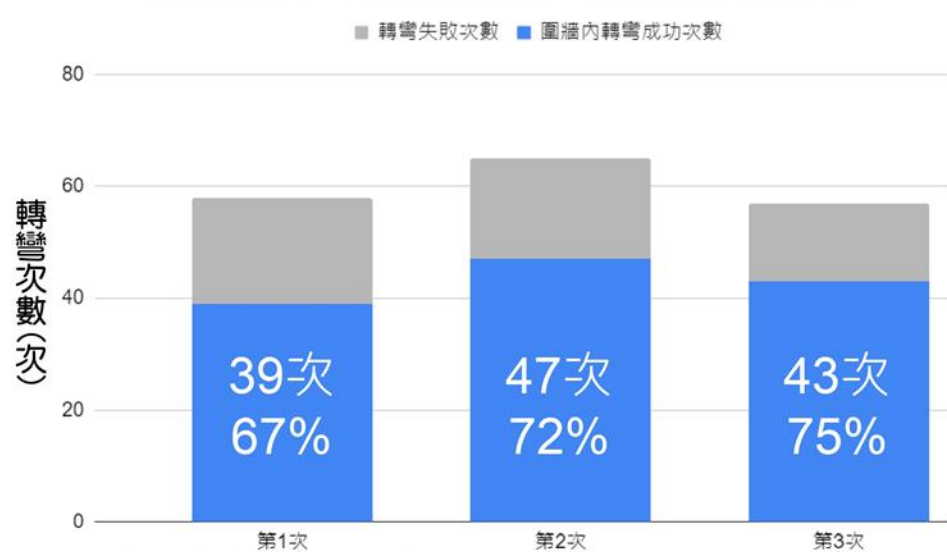
實驗6-1 訊號強度與距離的關係



- 距離愈遠，訊號強度愈弱 (數值愈大)
- 基地範圍界定可以半徑20公分為基準

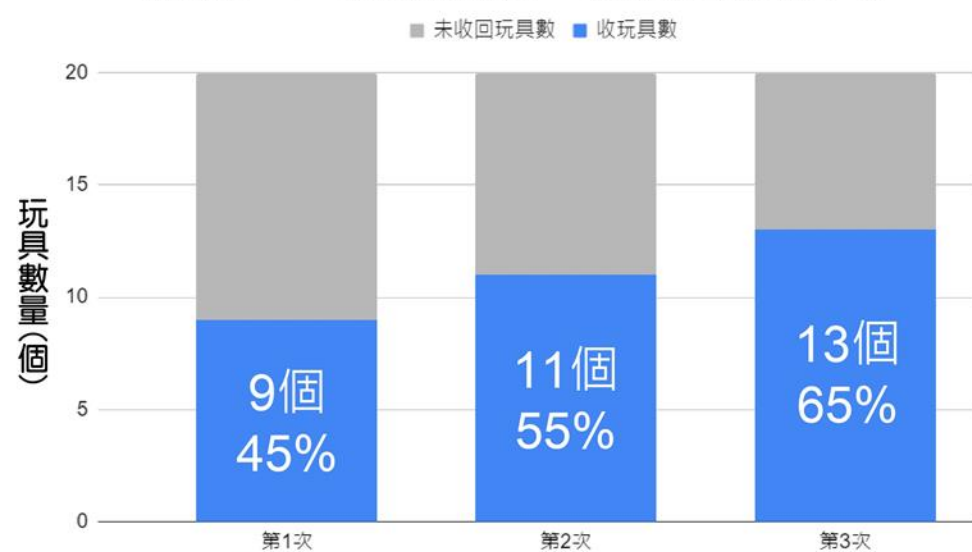
實驗6-2 以訊號強度設置虛擬圍牆與基地

實驗6-2-1 虛擬圍牆「轉彎成功率」



成功率：最高75%，平均71.33%

實驗6-2-2 虛擬圍牆「收玩具成功率」



成功率：最高65%，平均55%

- 發射強度調到最低，折返的成功率有明顯提升。
- 訊號強度可以作為自動收玩具機與基地的距離參考。
- 訊號強度常有不穩定的問題，Micro:bit 的訊號強度適合用在較長距離的測定，半徑1公尺的圓圈範圍來說有精準度不足的問題。

陸、討論

- 底盤的形狀、輪子的安裝位置及摩擦力等因素，都會影響底盤的移動效果。
- 對避障功能來說，感測器的穩定性是最重要的，夾臂外側的避障設計需要考慮到材質、外形跟觸碰點的問題。
- 加大底盤面積、更換力量更大的伺服馬達，都可以提升收集玩具的能力。
- 辨識錯誤的情況，大部份是因為複雜的環境或雜物造成的，視覺感測器的視野角度應思考減少周遭環境影響。
- 運作模式對於收玩具效果有很大的影響，轉動的角度應該採取隨機取數的方式。
- 訊號強度可以作為自動收玩具機與基地的距離參考，但不適合用於精準的定位。

柒、結論

- 最高可達98.33% 的收玩具成功率，可幫助家中有幼兒的家庭進行收拾玩具。
- 結合機器學習與自動化的特性開發家務輔助機器人，用於協助處理家中繁雜事務是具有發展潛力的。

捌、參考文獻

- 蔡俊傑 (2019)。輕鬆玩micro:bit程式設計入門。碁峰圖書：台北市。
- 王苡蕎、黃品維、潘享妤 (2022)。「蟲」來不「蚊」-校園 AI 防蚊管制系統。科展群傑廳 -全國中小學科展。取自<https://reurl.cc/ROEYZG>。