

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

082811

樂高 EV3 積木遠程遙控多功能陪伴寵物機

學校名稱：臺北市立大學附設實驗國民小學

作者：  小四 游宸墉	指導老師：  武秀韻  傅蘇代利
-------------------	------------------------------

關鍵詞：樂高 EV3 積木、遙控移動發射器、陪伴寵物機

# 摘要

本研究主要是以樂高 EV3 為核心，設計「車炮合一」可遙控的移動載具發射器，並適合應用於寵物互動。我的設計最大特點是透過自製的發射機構，在零食發射系統中可發射 10 發以上的狗零食，玩具球發射系統最多可發射五球，這些發射的落點集中，力道不強，所以不會對寵物造成傷害，而彈跳的軌跡與次數，均能增加寵物狗的吸引力與趣味。另外機體功能的改良：履帶能適用於多種不同的室內鋪地，與寵物互動不受限制；AI 功能中的超聲波智能避障距離 20 公分內不會碰觸到障礙物也不會對寵物有影響，範圍限制可保障機體，不會有損壞的危險。最後經過與寵物狗實測，發現小狗對本機器播出的語音會有反應，發射出的零食會啃咬，投擲出的小球也會追著玩耍。

## 壹、前言

### 一、研究動機

我從小就喜歡玩各式各樣拼裝式積木與手作工藝，尤其是 DIY 自己的玩具，而不是直接拉著爸媽去玩具店挑選現成的玩具，所以逛五金行材料店是我的樂趣之一，爸爸發現了我這顆喜歡創造的心，於是送我一套樂高 EV3 積木並且可以寫入程式使機器動起來。

媽媽從小養了一隻非常可愛的小狗，從小養到大，足足有十年之久，狗狗就是她童年的心肝寶貝。聊天時，她和我分享到以前小時候在做作業時，寶貝小狗經常在腳邊汪汪叫，想請媽媽帶牠出去玩，所以她只好隨手拿一顆小球扔擲出去，就這樣意思意思地跟狗狗互動一下，但是狗狗依然不滿足，這就是我最初的創作發想—製作「陪伴寵物機」。

首先，我利用槓桿原理將小球投擲出去，製作出紙箱重力投石器陪伴寵物原型機，但發射結果不如預期，後來改為 EV3 樂高拼裝積木來進行組裝，於是展開了一系列使用樂高 EV3 積木研發陪伴寵物機的設計歷程。

### 二、研究目的

#### (一)自製特殊設計與測試

1. 零食發射系統—小彈力筒針模組、限制位移模組、拉繩線卷模組、切離分料機構
2. 玩具球發射系統—大彈力筒針模組、進料漏斗模組

- 3.狗零食和玩具球的飛行軌跡分析
- 4.發射落點集中度測試
- 5.外觀安全設計與實測

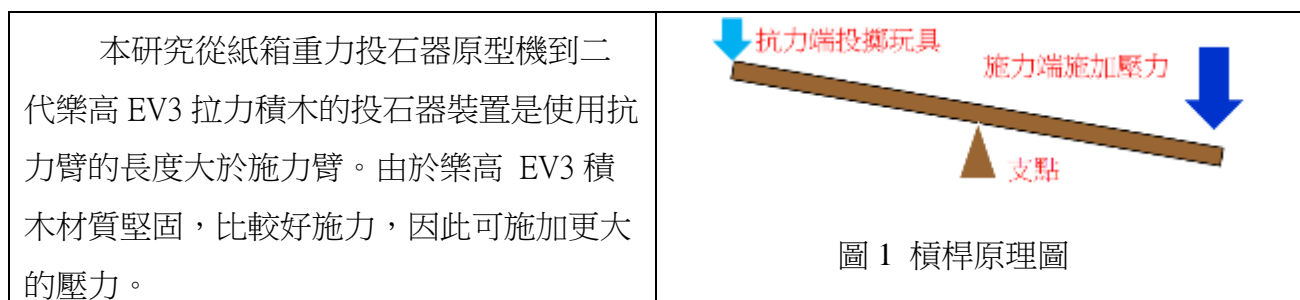
## (二)機體功能設計與效果測試

- 1.履帶機構設計與測試
- 2.AI 功能與測試—超聲波智能避障、範圍限制
- 3.吸引寵物功能與陪玩寵物實測—鈴鐺球吸引與播放語音

## 三、文獻回顧

### (一)有關槓桿原理與本實驗的應用

槓桿原理是將一個材質堅硬長條形物體如：木棍，中間由一個支點支撐，以支點為中心，左、右兩段可以區分為施力臂與抗力臂，施力臂延伸出的頂點為施力點；抗力臂延伸出的頂點為抗力點。



### (二)玩具小球發射原理與本實驗的應用

本研究發射玩具小球或寵物食物與寵物互動，是根據牛頓第三定律、拉力和機械原理，在此說明如何製作與應用：

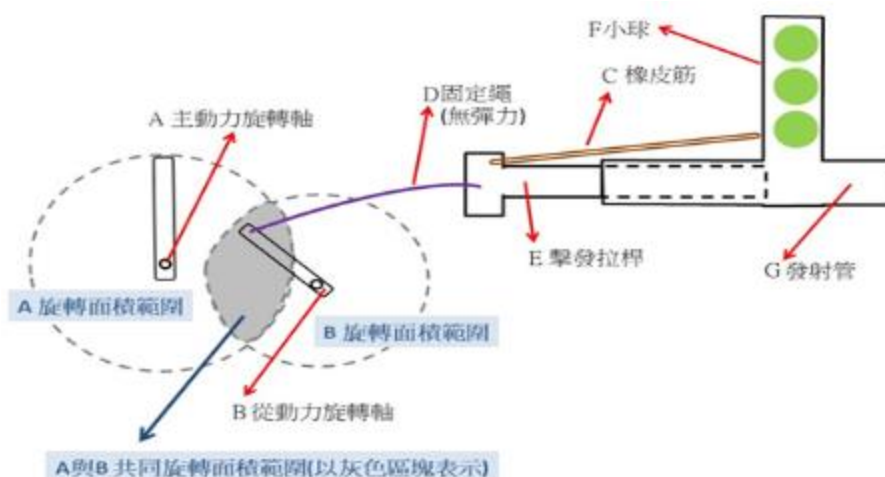


圖 2 玩具小球發射應用原理

發射器由 A 主動力旋轉軸、B 從動力旋轉軸、C 橡皮筋、D 固定繩(無彈力)、E 擊發拉桿、F 小球、G 發射管所組合而成。

啟動發射程序時，大型電機轉動 A 主動力旋轉軸，在旋轉路徑中，A 主動力旋轉軸與 B 從動力旋轉軸當個圓心延伸出來的長桿需小於兩個軸心的距離，故 A 主動力旋轉軸在旋轉時，會壓住 B 從動力旋轉軸，拉動 D 固定繩，進而拉伸 E 擊發拉桿，將 C 橡皮筋的張力儲存在內部，並同時連動將 E 擊發拉桿帶動向後拉，使 F 小球因地心引力在達到足夠的空間尺寸時，自然掉落入 G 發射管。

當 A 主動力旋轉軸繼續旋轉角度超過 B 從動力旋轉軸的旋轉面積範圍時，則瞬間釋放，C 橡皮筋會恢復原來的形狀，將儲存的能量轉化為動能。根據牛頓第三定律，橡皮筋向後拉伸，並將其一端固定位 E 擊發拉桿上，另一端固定在錨點上，當釋放橡皮筋時、C 橡皮筋的彈力會推動 E 擊發拉桿向前運動，E 擊發拉桿反作用力產生的方向與彈射方向相反，使 E 擊發拉桿能夠獲得更大的推動力。

為了增加 E 擊發拉桿的移動速度，可以通過調整 C 橡皮筋的拉伸程度來控制釋放的能量。同時，E 擊發拉桿的結構設計也需考慮 G 發射管的內徑尺寸，以提高管道內的直線前進穩定性，與減少摩擦阻力，提高運動效率。

### (三)有關寵物機器的研究

表 1 寵物機器相關研究比較

作品名稱	年	作品特色	機體設計
AIOT 動物健康浮生錄	112	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.協助受傷動物得到適當的治療。</li> <li>2.偵測動物出狀況及時通知飼主。</li> <li>3.紀錄動物狀況，提供查詢。</li> <li>4.動物陪玩裝置</li> </ol>	以寵物智能自動餵食器為基礎進行改良，借助影像辨識技術和數據分析來判斷其寵物(貓)的需求和情緒狀態，目的在建立一套動物陪伴型照護系統，可避免飼主因繁忙而忽略對寵物的關注。
遠距視訊寵物餵食器	96	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.應用網路作遠距之攝影機控制以及電器開關控制。</li> <li>2.可訂時供給寵物飼料，或是遙控照明與電暖器。</li> <li>3.可餵食乾貓糧、乾狗糧、鳥飼料和魚飼料等。</li> </ol>	本研究利用遠端電腦透過網際網路遙控餵食器、照明、電暖器及視訊攝影機的方向，再由餵食端電腦的視訊攝影機傳回至遠端，即使飼主出差也可遠端看到寵物的活動情況。

#### (四) 市售寵物機器的調查

表 2 市售寵物機器調查表

比較項目 產品名稱	產品特色	問題
 <b>Ebo SE AIR 寵物互動機</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.具備雷射自動巡航、雙向通訊視訊語音互動。</li> <li>2.連續 24 小時錄影，即時畫面查看。</li> <li>3.機身碰撞後可避障。</li> <li>4.低電量自動回充功能。</li> <li>5.透過 APP 遠端遙控。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.輪子無法行走在室內地墊上。</li> <li>2.充電時聲音刺耳，機器移動的空間內，不能有階梯，否則可能出現摔落危險。</li> <li>3.機身的逗寵配件容易在行走時脫落，無防震功能。</li> <li>4.此機器無投擲功能</li> <li>5.避障功能是碰上障礙物後才能避障。</li> </ol>
 <b>ORo 機器人</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.具備攝影機功能，智慧感測寵物情緒，可以透過推進系統自動丟球給寵物玩樂。</li> <li>2.具備顯示器，當有需要時飼主可以透過顯示器與寵物視訊。</li> <li>3.餵養並追蹤寵物健康狀況。</li> </ol>	<p>ORo 機器人由歐若公司在 2024.1 月份公開發表，目前尚未上市出售。目前此機器在網路上公開的資訊較少，因此左述特色功能僅供參考。</p>
 <b>HHLOVE O SITTER 寵物自動餵食機</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.雙向麥克風，隨時互動</li> <li>2.360 度零死角鏡頭，轉動無聲。</li> <li>3.科學定量餵食寵物</li> <li>4.紅外線雷射隨時陪玩</li> <li>5.斷電、斷網，正常餵食</li> <li>6.透過 APP 遠端遙控。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.此機器無投擲功能。</li> <li>2.此機器無法移動。</li> </ol>
 <b>GULIGULI_2.5 代寵物陪伴智能機器人</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.全屋移動</li> <li>2.雙向語音</li> <li>3.雷射光逗寵</li> <li>4.零食投餵</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.攝影機鏡頭不能上下調整</li> <li>2.對話傳聲模糊</li> <li>3.畫質有待提升</li> </ol>

• 市售資料與圖片來源：MOMO 購物網站、淘寶購物網站、YouTube 與 google 網站搜尋

## 貳、研究設備及器材

### 一、研究設備及設備環境

#### (一)相關軟體、設備與自製零件

Word、Excel、Power point 軟體、樂高 EV3 軟體及電子版說明書、小畫家軟體、筆電、surface、相機、Mindstorms EV3 樂高積木零件組、Autodesk 軟體。自製特殊零件如下圖：

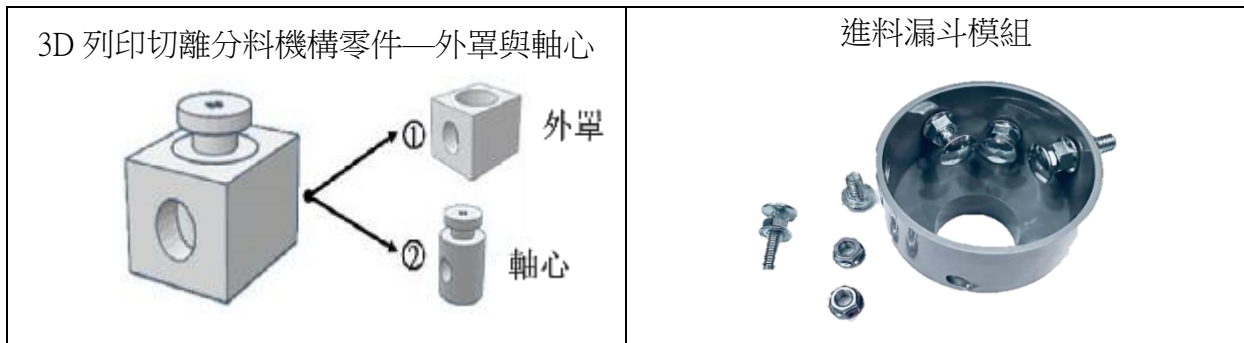








圖 3 自製特殊零件和進料模組（圖片來源：由作者繪圖製作與拍攝）

#### (二)實驗器材與工具

剪刀、美工刀、熱熔槍、熱熔膠、長尺、剪線鉗、膠帶、紙膠帶、轉彎膠帶、粉筆、麥克筆、紙捲、水管、模型黏土、紙板量角器、標籤貼紙、布料、塑膠紙版、眼睛貼紙。

#### (三)工作環境與實驗環境

表 3 工作環境與學校實驗環境

		
<p>家中客廳作業</p>	<p>學校教室外走廊</p>	<p>學校教學觀察室</p>
		
<p>學校教學實驗室</p>	<p>學校機房</p>	<p>寵物店、學長家或公園</p>

（照片來源：由作者及第一指導教師拍攝）

## 二、樂高 EV3 積木介紹

### (一)程序塊介紹

EV3 程序塊是 LEGO MINDSTORMS Education 的核心，這是一個可編程的智能程序塊，能控制電機和傳感器，並且可以提供無線遙控。我透過此款樂高積木來改良紙箱不耐用的問題，並使用電機和傳感器配件來搭配設計成可以遠端遙控的功能，並使用電腦操作 EV3 軟體人編程用程序塊套件進行撰寫程式，讓本研究計畫之第三代至第五代機器可以作動，完成使用遙控器來發射的功能。

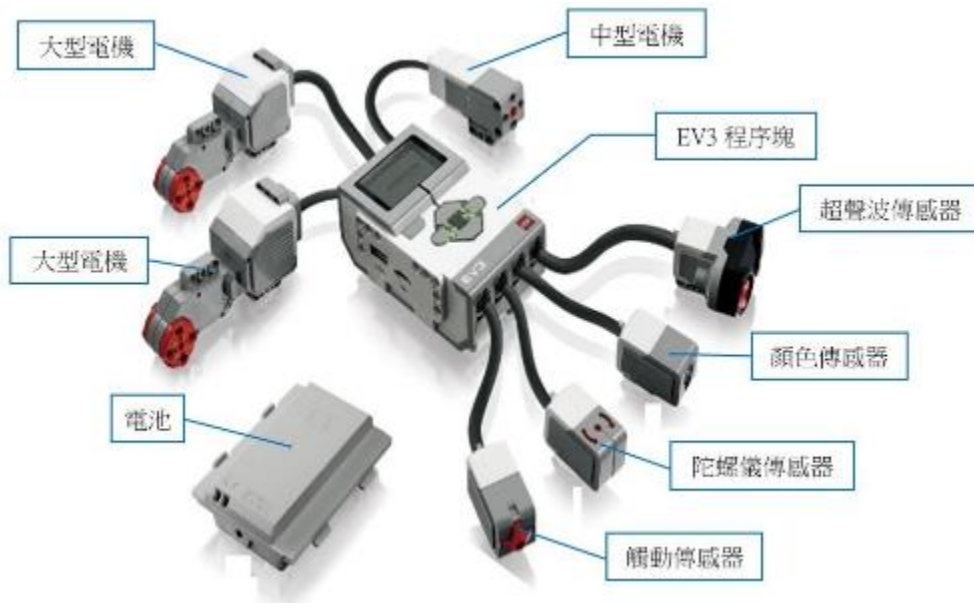


圖 4 樂高 EV3 電子設備介紹（圖片來源：樂高 EV3 官方網站）

### (二)部件介紹

表 4 樂高 EV3 部件介紹表

部件名稱	部件說明
大型電機	可以讓編排更加精準有力的機器人動作。
中型電機	當向該結構緊湊的電機輸入功率，其回應更快，且保持精準。
EV3 程式塊	這是機器人的控制中心和供電站。
超聲波傳感器	利用反射聲波測量感測器與其他在其路徑上的物體之間的距離。
顏色傳感器	識別七種不同的顏色並測量光強度。
陀螺儀傳感器	測量機器人移動的速度和距離。
觸動傳感器	識別三種狀態—觸動、碰撞和鬆開。
紅外線傳感器	紅外線傳感器是搭配 EV3 傳感器使用，亦可測量距離。
可充電池	經濟環保、使用便捷的機器人電源。

### (三)機器組裝

首先使用 EV3 積木拼裝硬體結構，確認結構完整後，進行撰寫程式碼，最後實際作實驗來證實機器的功能。

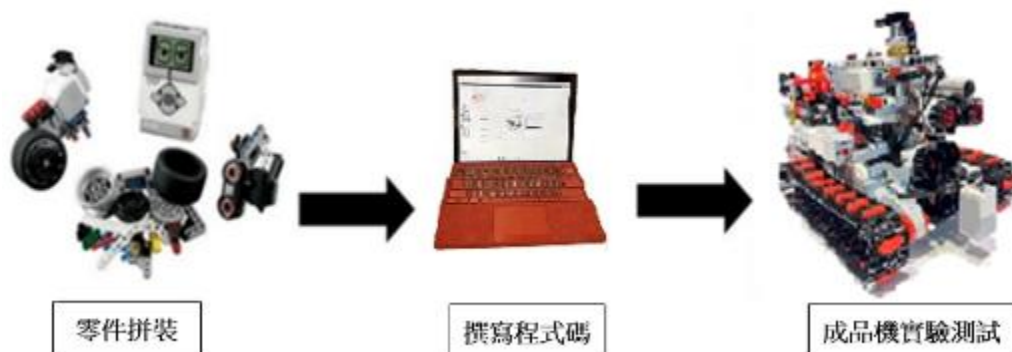


圖 5 樂高 EV3 機器組裝概說 (圖片來源：由作者拍攝)

## 參、自製陪伴寵物機系統改良歷程與結果

### 一、自製特殊設計與測試

#### (一)零食發射系統—小彈力筒針模組、限制位移模組、拉繩線卷模組、切離分料機構

我從原始的大型改良到現在小型彈力筒針 (歷經三版的改造)，第六代機器採用小型尺寸彈力筒針模組，筒針長度較短，拉力僅供發射，使用大型電機驅動，再將功率調至 100%，即可成功達到發射效果。由於舊版的零食發射的系統，僅能單發，且只有一發儲料，所以費時又費力。因此，在第六代，我增加「切離分料機構」，使它的彈匣儲量大幅提升，目前最高紀錄可達 10 發以上，讓使用者更加便利。

1. 小彈力筒針模組設計	
設計方法	<p>①鐵質三通接頭、②鐵質直通管(前段) ③鐵質直通管(進料)、④鐵質直通管(後段) ⑤不鏽鋼管(筒針)</p> <p>步驟一： 將①三通接頭是一個凸字型接管，有三個端口，分別在左側端口，接上④部件，並且在上方和右側的兩個端口接上③與②。</p> <p>步驟二： 將⑤不鏽鋼管(筒針)接上粗橡皮圈，另一端綁在①三通接頭的上方，再把⑤不鏽鋼管(筒針)的尾部套上數的防水膠圈，並且綁上束線帶，當作煞車器。</p>



## 1-1 小彈力筒針模組結構問題與解決方法

### 【失敗原因】

彈力筒針模組沉重機器無法驅動。

### 【檢討失敗的原因與解決過程】

第一次實作時，我經過多次機器結構調整改良，但彈力筒針模組尺寸實在過大，架設在機台底座上非常不穩固，於是我計畫把彈力筒針模組尺寸縮小來減輕整體重量，並嘗試更換不同尺寸的電機與調整功率，我已使用了大型電機，也將功率調至

(1) 100%，始終無法成功驅動。



備註：第一版實作(失敗)與彈力筒針模組手繪尺寸

### 【失敗原因】

中型彈力筒針模組，因為橡皮筋拉力過大，大型電機無法將彈力筒針向後施拉，導致無法成功發射。

### 【檢討失敗的原因與解決過程】

第二次實作時，我將彈力筒針模組縮小尺寸(對照圖如下)，並使用大型電機驅動，再將功率調至 100%，竟然依舊發射失敗，於是我計畫再次改良彈力筒針組的尺寸，減輕重量，進而研究機器第三次實作。

(2)



備註：第二版實作(失敗)與彈力筒針模組手繪尺寸

### 【失敗原因】

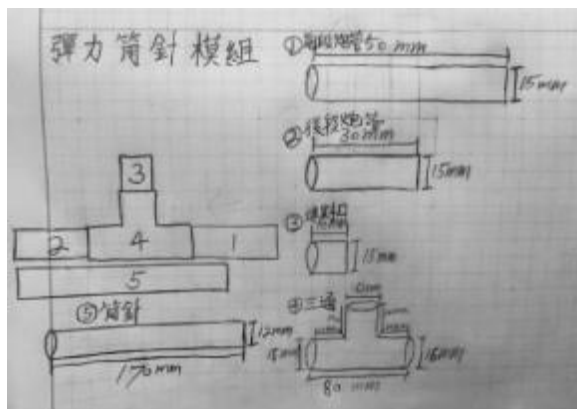
經過不斷施作與調整，我從最原始的大型彈力筒針一直改良到現在的小型彈力筒針模組第三版，這是一個很艱難的研發過程，原本我從水電行購買大型的水管材料來製作第一版，遭遇到電機無法驅動大型彈力筒針與彈力筒針模組重量過重的困境，後來我到專業的水電材料行購買中型的彈力筒真模組材料進行拼裝，也一樣遇到了難以解決的問題：粗橡皮筋的彈力過大，使用大型電機並且將功率調至 100%，依舊無法達成發射。

### 【檢討失敗的原因與解決過程】

最後我採用小型彈力筒針模組材料製作，經歷許多困難之後，我成功將最後的小型彈力筒針模組安裝至第六代機器上，雖然一樣是使用粗橡皮筋，但是彈力筒針模組長度較短，拉力不大，僅利於發射即可，我照樣使用大型電機，搭配功率 100% 的電量輸出，使電機達到最佳運轉狀態，在努力不懈的更改程式下，我成功將彈力筒針的作動系統達到最高效的運作模式，最終我在多次的設計變更下，終於成功地研發出彈力筒針模組。

### 【成功原因分析】

1. 使用小型尺寸彈力筒針模組。
2. 彈力筒針模組長度較短，拉力不大，僅利於發射即可。



備註：第三版完成品與彈力筒針模組手繪尺寸

## 2. 限制位移模組設計與解決方法

### 1. 【線卷煞車法】

將拉繩線卷用長夾夾住。

【失敗原因】線卷會左右滑動，容易出錯，不採用。

### 2. 【長棒插入法】

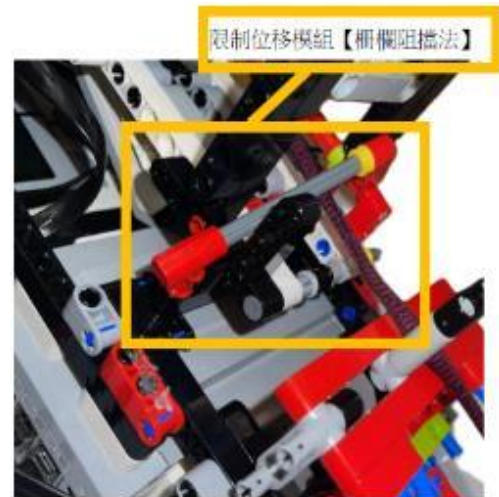
利用長棒插入筒針尾部的洞口。

【失敗原因】筒針屬於圓柱體，因長棒無法準確插在洞內，易插歪，難以達到即時發射效果，不採用。

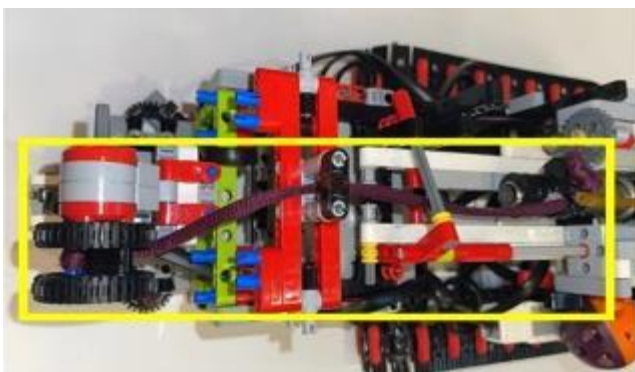
### 3. 【柵欄阻擋法】

利用停車場這柵欄原理，直接擋住彈力筒針尾部，可達到極速發射效果。

【成功原因】屬於直接阻擋方式，變因較少，能順利地發射，因此可採用。



## 3. 拉繩線卷模組設計與解決方法



在拉繩線卷模組的實作中，我原本使用波浪型線卷，也就是我們將電機放在機器的下方，用方塊型積木包覆，再把粗線卷用滾輪一路牽引到下方連接電機，但卻遭遇到線卷不停的糾結纏繞，造成無法順利拉動，最後，我採用直接拉動線卷，並將線卷直接連接電機，減少纏繞的問題(如左圖黃框線標示)。

## 4. 切離分料機構設計

我利用「Autodesk-Tinkercad」軟體，在電腦上繪製列印切離分料機構的外罩及軸心零件圖，以3D列印機列印出，然後組裝至大型電機，接著利用震動進料方式來讓狗零食落入料槽，之後大型電機旋轉180度，使狗零食落下至彈力筒針，最後連接小型彈力筒針發射系統發射。

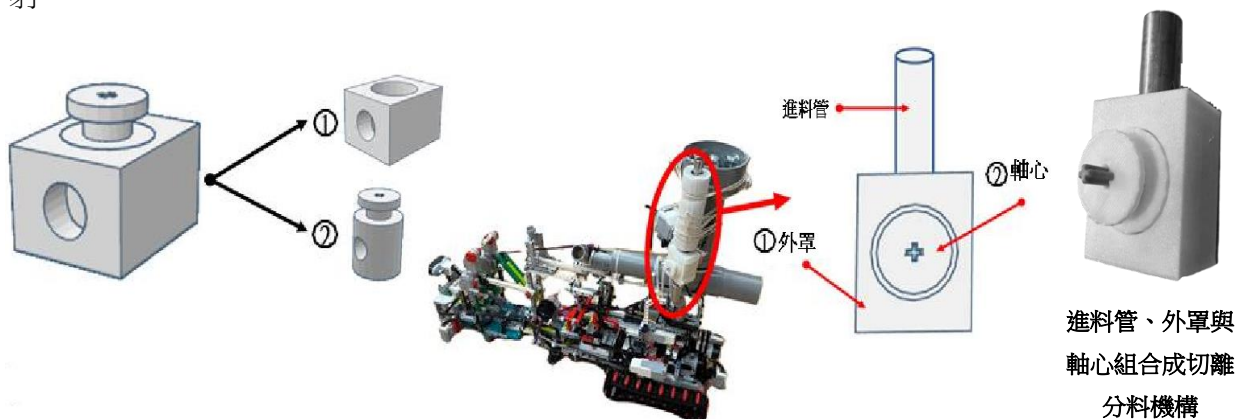
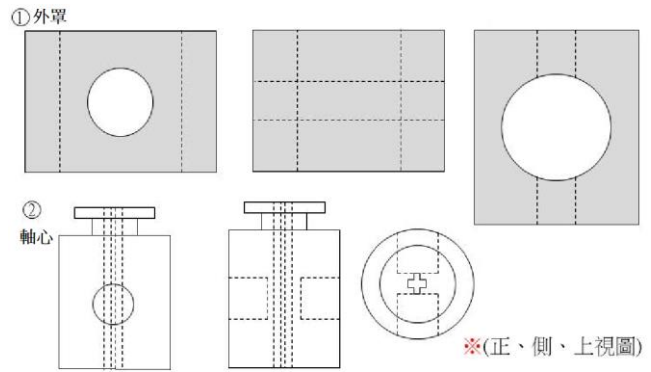
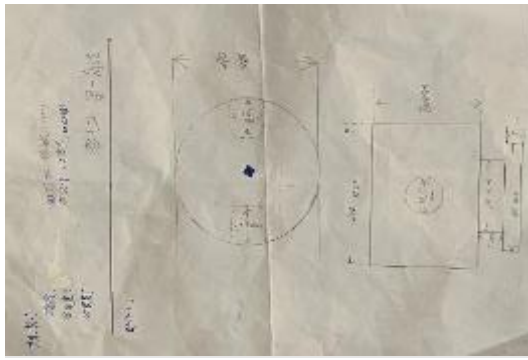


圖 6 切離分料機構零件圖示

## 4-1 切離分料機構的外罩及軸心零件 3D 列印步驟說明

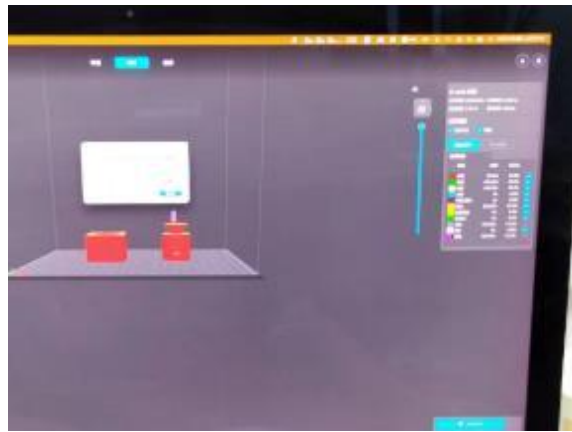
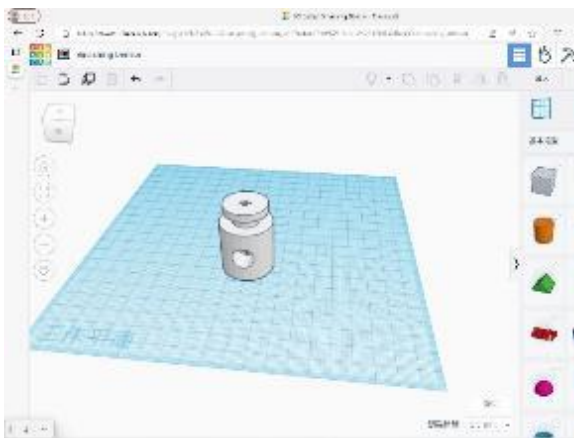


### 步驟一：手繪草圖

紙上繪製草圖，丈量尺寸再標上規格。

### 步驟二：機械圖設計

電腦繪製外罩及軸心零件正面、側面與上視圖

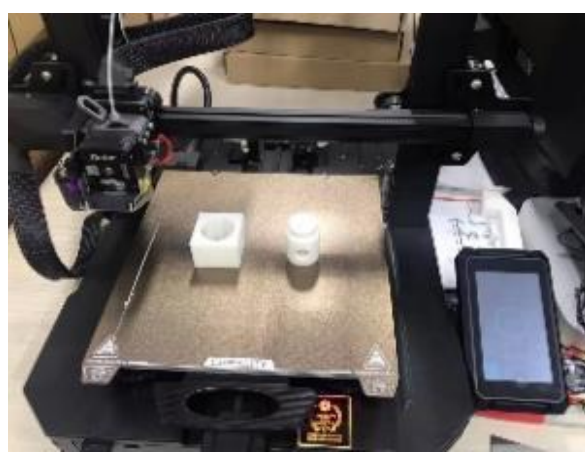


### 步驟三：建模

電腦繪製立體圖，丈量零食(潔牙棒)尺寸，標上規格再繪製成 3D 圖檔。

### 步驟四：切片

確認 3D 圖檔正確，切片檢查該 3D 圖檔 是否可以執行列印。



### 步驟五：匯出

從電腦匯出檔案，匯入 3D 列印機。

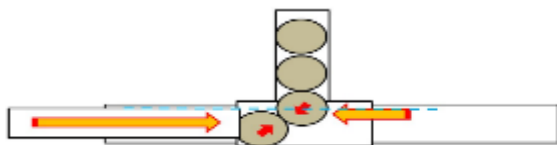
### 步驟六：3D 列印

預先將 3D 列印機暖機待面板溫度升至 60 度，噴槍溫度達至 200 度，最後列印成 3D 物件。

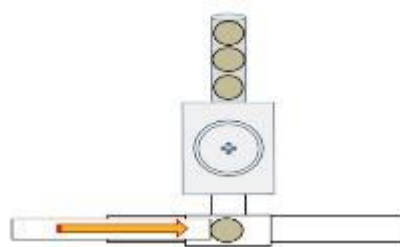
## 4-2 切離分料機構的作動方式說明

### 【切離分料機構的作動方式】

料槽震動進料→旋轉180°將零件投入筒針→彈力筒針施拉→瞬間釋放→無限循環



A 零食發射系統卡料



B 零食發射系統順利運作

【切離分料機構設計起因與說明】由上圖A可知，第一顆零食已經落入發射管內，可是第二顆卻也落入發射管 $\frac{1}{2}$ 位置處，所以當筒針向前推時，會被第二顆零食阻礙，導致無法順利發射，進而影響正常供料，因此我增加了切離分料機構，該機構能夠將零食一次放入一顆，以防卡料問題，我利用3D繪圖軟體繪製出零件尺寸圖，再由3D列印機列印自製零件，以改良此卡料問題。

### (二)自製玩具球發射系統—大彈力筒針模組、進料漏斗模組

原第五代的小球發射系統只有單方面、單向的只有主人發射球給狗玩而已，但我透過進料漏斗的延伸，使寵物可以將球叼回，並循環使用。自製玩具球發射系統說明：利用2個旋轉軸（A 主動旋轉軸、B 從動旋轉軸）達到施拉（D~G）、釋放同一動作的效果。

#### 1. 大彈力筒針模組設計

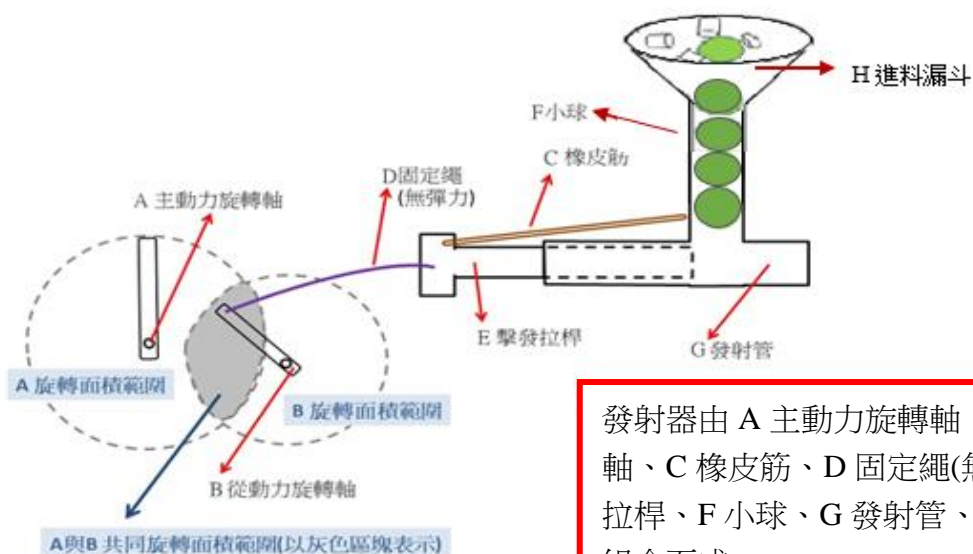


圖 7 玩具小球發射模組應用原理圖示

### 1-1 自動脫離拼裝結構說明 (A 與 B 動作模式)

	<p>A 主動力旋轉軸尚未抵達交疊處，目前 A 主動力旋轉軸與 B 從動力旋轉軸，形成的角度為 110 度。A 主動力旋轉軸會在程式進行時不停地向下旋轉，對從動輪施壓，達到施拉、釋放同一動作的效果。</p>
	<p>主動力旋轉軸慢慢逼近從動力旋轉軸，即將交疊，此時兩根長桿形成的角度為 120 度。</p>
	<p>A 主動力旋轉軸已和 B 從動力旋轉軸於交疊重疊，形成的角度為 150 度。</p>
	<p>B 從動力旋轉軸已即將被 A 主動力旋轉軸的壓力施壓形成平角，此時兩桿角度為 170 度</p>
	<p>A 主動力旋轉軸已對 B 從動力旋轉軸施壓，形成的角度為 230 度。</p>

#### 【小球發射系統說明】

小球發射模組在作動時，是由 A 主動力旋轉軸對 B 從動力旋轉軸施壓，A 主動力旋轉軸與 B 從動力旋轉軸的旋轉範圍會重疊，當 A 主動力旋轉軸由下向上轉，再往下壓，會撞擊到 B 從動力旋轉軸，故 A 向下壓的力量，會使 B 從動力旋轉軸連帶著向下旋轉。當 A 主動力旋轉軸脫離與 B 從動力旋轉軸的共同旋轉範圍時，被 A 主動力旋轉軸束縛著的 B 從動力旋轉軸會失去壓力，將被彈力筒針的橡皮筋拉力向前拉，B 從動力旋轉軸將會向上揚起，達到發射效果。

若想順利發射，讓 A 主動力旋轉軸負荷較少，就必須調整機構的高度與比例：A 主動力旋轉軸旋轉面積範圍和 B 從動力旋轉軸旋轉面積範圍需交疊，A 與 B 軸心延伸出來

的長桿在交疊處交會時，兩桿長度延伸出來的長度交會後，相互交疊時，須大於角度 150 度以上，且 A 主動力旋轉軸的高度要高於 B 從動力旋轉軸延伸出長桿的高度，A 從動力旋轉軸延伸出的長桿要比 B 從動力旋轉軸來得長，須達到上述條件，小球發射模組才能順利運行。

## 2. 進料漏斗模組設計

第五代玩具球發射系統的管徑較小，為了增加與寵物的互動性，我將其的進料管上添加漏斗，並且能讓寵物將球叼回進料館內。

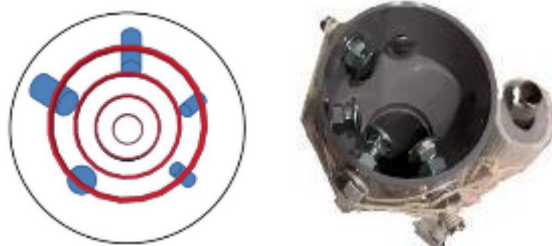


### 【進料漏斗模組設計解決問題說明】

供料時「玩具小球」尺寸為40x40mm，因其形狀為圓形，多顆球同時存放入儲料管中，偶爾會產生零件互相堆疊造成卡料。卡料的狀況是指排列於進料管內的小球，因為互相堆疊，造成小球互相頂住支撐懸空於料管內，小球受力在互卡的狀況下，兩端支承處的水準推力，使拱內產生軸向壓力，而兩端支承處的水準推力頂住了料管的內壁，從而懸空在管內，只要是兩個、三個零件在封閉的料管內，排列堆疊，都有可能造成拱橋現象，為防止出現此現象，我在漏斗內安裝大顆螺絲與螺帽，製造「凸起物」來防止玩具球卡料。

### 【進料漏斗內設計螺旋式凸起物說明】

利用凸起物在管壁內的高低，並且調整其的長短，可以造成進球時，球以螺旋式落下達到巧妙地防止玩具球卡料，造成使用上不便利，大大改善了原本單純接上漏斗的卡料問題。



### (三)狗零食和玩具球的飛行軌跡分析

為了要瞭解寵物陪伴機噴射玩具球和狗零食的力道是否會傷害寵物，於是我用 Tracker 軟體，分析「寵物陪伴機」所發出的玩具球和狗零食落下的軌跡。

#### 1.實驗方法

- (1)觀看網路上 Youtube 的教學影片，一步步進行 Tracker 軟體的學習。
- (2)寵物陪伴機使用玩具球和狗零食，各作三次彈射測試並慢動作攝影。
- (3)從玩具球和狗零食的三次彈射影片中，分別選一支影片使用 Tracker 軟體分析影像數據，並以 Excel 根據分析所得的數據繪製軌跡圖。

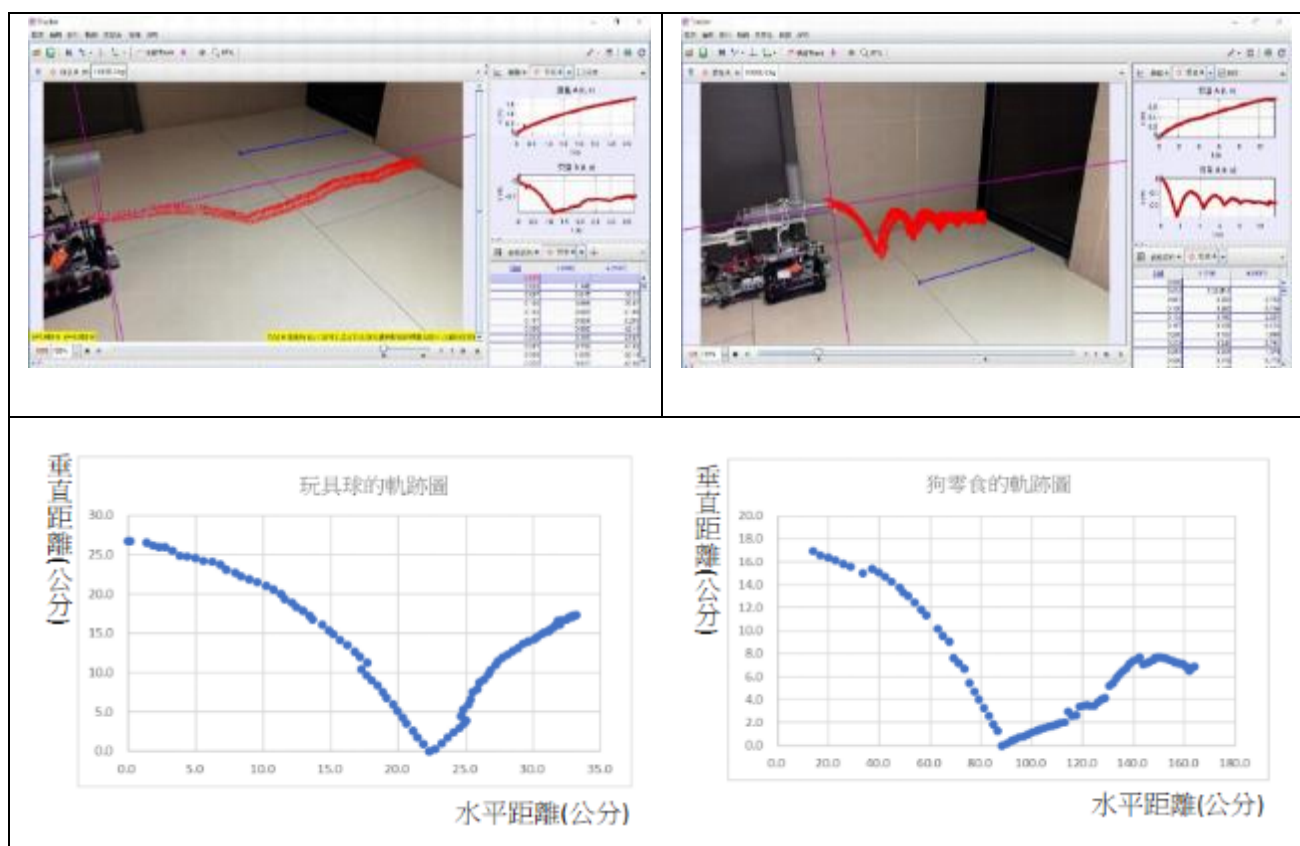


圖 8 Tracker 軟體分析玩具球和狗零食影像軌跡圖

#### 2.實驗結果與發現

- (1)玩具球與狗零食分別在 2 秒與 1 秒左右落地，從發射到第一次落地的飛行時間極短。
- (2)玩具球與狗零食第一次落地的水平距離分別為 22.3 公分與 88.2 公分，射程並不長，力道也不大。
- (3)綜合飛行時間與水平射程的資訊，我所研發的「寵物陪伴機」不僅不會傷害到寵物，還可以有效達到寵物追視與陪玩的目的。

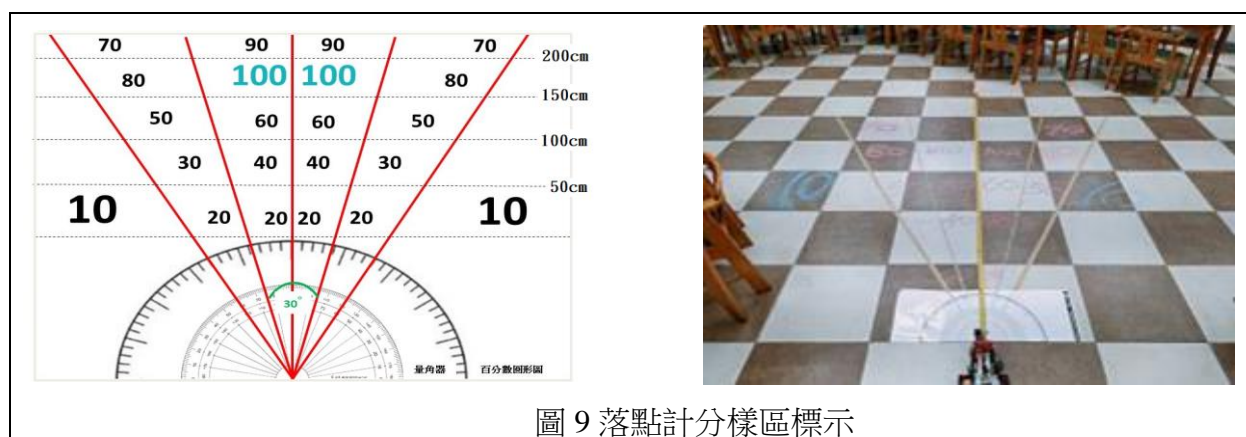


#### (四)發射落點集中度測試

為了要瞭解遙控機器發射出的零食或玩具，是否能落到寵物前方適當的距離。

##### 1. 實驗方法：

- (1)準備粉筆、標籤紙、紙膠帶、皮尺、百分數圓形圖教具、量角器教具。
- (2)設立落點計分樣區並以適當區塊標示分數。
- (3)以教學觀察室地磚作為底板，遙控機械為圓心，將百分數圓形圖教具和量角器重疊，再以中線向兩邊延伸，每15度角由中線輻射狀延伸直線貼紙膠帶，地板區塊畫記(地板邊長為(50x50cm))。
- (4)於中心線150~200cm距離及30度角作為最適當的落點，標記為100分，其餘分數向周圍區塊遞減，設定目標範圍落點分數如下所示：



##### 【計分說明】

1. 遙控機器射出玩具或零食的落點，對應出地板的相對位置。
2. 每回測試發射十次，紀錄分數。

##### 2. 測試結果與發現

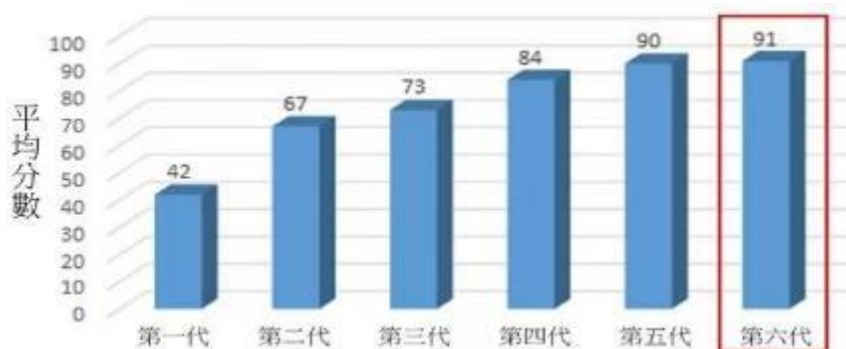


圖 10 歷代發射落點分析比較圖

第六代比歷代機器的發射落點更為集中，可以實際應用於投球或投餵寵物零食

## (五)外觀安全設計與測試

原本我的機器裡面的鋼骨和結構都是外露的，後來我幫它增加了外觀寵物狗的外型，除此之外，我的外殼不僅是吸引寵物的工具，也是平常擺放在家中沒有使用時也是一個裝飾品，主要也是為了保護機器的結構在使用時比較不會損壞。

### 1. 實作方法與實測：



### 2. 測試結果與發現

增加了外觀之後參與實驗的小狗們都會很注意我的機器並且不停的聞，達到吸引注意力的效果，同時也讓狗一直注意我的機器，能夠有效地與寵物互動。

## 二、機體功能設計與效果測試

### (一)履帶機構設計與測試

我從小就喜歡看各種交通工具書，尤其是建築工程車、軍用坦克車等書籍。這些平時累積的知識，給了我研發第四代時的靈感：我希望機器是可以移動的，然後發射食物給家中寵物進行互動遊戲，於是我考慮是否要採用履帶還是車輪設計，因為我想到了家附近工地最常看到的挖土機、兒童百科書上的坦克車，皆是使用履帶設計。履帶特點是行駛性能更加平穩，對不同的路面狀況適應性更高。因此，在分析評估使用履帶的優點後，我決定採用履帶來當作第四代讓機器移動的機構。

#### 履帶設計

第三代開始從固定機體改良到可以動的機體，因為履帶結構讓主機隨意控制前後左右移動，所以可以進行 360 度旋轉，機動性高；另外履帶的設計 k 可以讓機體穩固，發射落點集中，很精準。在多次的實驗過程中，我發現使用履帶行進方式，使機器在行駛時，能更加平穩、高速，適應性更高。



#### 1-1 履帶結構問題與解決方法

為了確保機器在寵物經常活動的地方能夠順利移動，特地進行「履帶行進實驗」。在此實驗中，我們選擇了寵物常行走的區域，來測試機器是否能夠在不同地面材質上順暢移動，並作了以下的實驗分析討論。

##### 【履帶適應性說明】

表 5 履帶行進方式在不同地面材質上移動情況與通行能力實測

 木地板 ○	 絨毛腳踏墊 ○	 布質可通過，但轉彎時，會扭曲捲在一起。△
 瑜珈墊 ○	 磨石子地 ○	 報紙可通過，但在轉彎時，會扭曲捲在一起。△
 拋光石英磚 ○	 絨毛地毯 ○	 人工草地會通過，但比較長和密集的草，會短暫前進幾秒後，傳住，無法轉彎。△
符號說明：○表示可順暢通過，△表示可通過，但過程會短暫前進幾秒後傳住		


因此，在實驗履帶的移動情況與通行能力的結果，我決議採用履帶來當作第四代讓機器移動的機構。第四代功能性比前三代都來得強大，幾乎所有的材質都可以通過，只有少數幾個情況會遇到一些阻礙。在材質偏軟和偏薄的情況，第五代機器可以通過，但轉彎時會將材質扭曲；在比較長且密集的草地上，無法順暢通過。

### 【履帶 VS 後輪驅動差異性說明】

我想瞭解並比較履帶行進方式和後輪驅動行進方式在克服障礙物時的差異，以作為機體設計選擇的參考，於是做了履帶機器 V.S.後輪驅動機器實驗。

表6 履帶機器V.S.後輪驅動機器實驗測試

履帶機器實驗測試		後輪驅動機器實驗測試	
高度(cm)	測試結果	高度(cm)	測試結果
0.6	通過	0.6	通過
1.2	通過	1.2	通過
1.8	通過	1.8	通過
2.4	通過	2.4	不通過
3	不通過	3	不通過

根據實驗結果，輪子在遇上 2.4CM 的障礙物時就已無法前進，由此可知履帶對抗障礙物地形的能力比後輪驅動機器要來的好。與第三代相比，在第四代，我們增加了履帶機構，使機體可以隨意控制前後左右移動，並將用來投擲物品的槓桿改造為具有噴射功能的發射器，履帶設計讓機體穩固，發射時很穩定，發射落點集中。

## (二) AI 功能與測試—超聲波智能避障、範圍限制


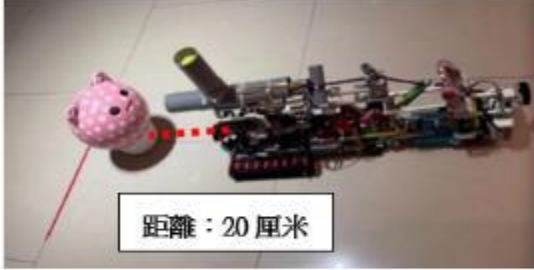
設計超聲波智能避障功能，可以讓機器躲避障礙物；以及測試機器在不同粗細的紅線上是否能有效地達到範圍限制功能，如此可以方便主人在家於限定的範圍讓機器與寵物互動並且不會碰到障礙物。

### 1-1.超聲波智能避障測試方法

- (1)準備任何阻礙物品。
- (2)在家或學校進行測試。

### 1-2.超聲波智能避障結果與發現

表7 智能避障功能實測

<p><b>【避障前】</b></p> 	<p><b>【避障中】</b></p> 
<p><b>【避障後】</b></p>  <p>機器避障後，隨機自動左轉或右轉</p>	<p><b>超聲波智能避障功能說明：</b></p> <p>在第五代機器行進時，若前方 20 厘米內有障礙物，其將往後行走，並可隨機左右轉，（如上圖示意）所以我自製的陪伴寵物機屬於遠端偵測試避障，不會碰觸到前方的障礙物才避障，可降低造成撞壞前方物體的機率，故能減少對家中物品的損害，同時也能保護機身安全。</p>


### 2-1.範圍限制功能測試方法

- (1)準備紅色可轉彎膠帶卷(寬度 0.1、0.2、0.5cm)、黑色麥克筆、白色紙張。
- (2)在學校教學實驗室內規劃區域來限制範圍，用桌椅擺放成一個圈，僅留一個出入口。
- (3)將出入口貼上紅色膠帶(線條)。
- (4)把機器放在限制範圍圈內，利用顏色辨識器掃描紅色線條。
- (5)測試機器在不同粗細的紅線上是否能有效地達到範圍限制功能。

### 2-2.範圍限制功能測試結果與發現

- (1)危險區域前 30 公分要貼紅色標線，且紅色標線需有寬度 1 公分。
- (2)標線的顏色可以由「程式」更換，目前以「紅色標線」做功能測試。
- (3)顏色辨識能辨識的紅線寬度為 1 公分以上，日後可防止機器進入危險區域，有效控制機器的行走範圍與提升安全性，避免機器在行走過程中從樓梯處摔落。

表 8 限制範圍功能測試紀錄

紅色線條 測試結果	0.1 cm	0.2 cm	0.3 cm	0.4 cm	0.5 cm	1 cm	1.5cm
是否可以辨識	x	x	x	x	x	v	v
 <p>▲環境測試出口處貼紅線      ▲標線需寬度1公分      ▲防止機器進入危險區域</p>							

### (三)吸引寵物功能與陪玩寵物實測－鈴鐺球吸引與播放語音

觀察機器投擲寵物零食或玩具是否能與寵物互動，以及設計狗叫聲功能，吸引寵物的注意力；另外，若寵物主人不在家，也可以方便其他在家親人播放寵物主人的聲音與寵物互動；最後觀察機器搖鈴鐺是否能吸引寵物，之後再噴射狗骨頭、狗玩具小球，達到與寵物互動目的。

#### 1-1.播放語音功能測試方法

(1)聯絡寵物主人，在寵物狗的家或平日活動的地方進行測試，本研究測試的寵物狗有四隻，基本資料如下表。

(2)先暖機再播放聲音吸引小狗。

表9 寵物寶貝基本資料表

照片				
姓名	球球	茶茶（臺語）	肚臍（臺語）	小黑
品種	貴賓狗	貴賓狗	法國鬥牛犬	台灣土狗
性別	公	公	母	母
肩高	38公分	38公分	35公分	52公分
體重	7.5公斤	8公斤	8.5公斤	21公斤
個性	貪吃、活潑	老狗、活動力低	不怕生、有個性	害羞、愛玩

## 1-2.播放語音功能測試結果：

發出的狗<sup>茶茶</sup>叫聲及主人聲音的確能吸引寵物的注意力，結果說明如下表：

表10 播放語音功能實測

(1)播放語音檔：球球 實測日期與時間：2024.02.28約下午4：30 觀察記錄： 播放聲音後，球球緩緩的走到機器旁邊，在機器周圍很開心的跳來跳去，感覺牠聽到主人的聲音很興奮。	(2)播放語音檔：小黑 實測日期與時間：2024.02.28約下午4：30 觀察記錄： 播放聲音後，小黑立刻衝向機器，十分好奇地在周圍環繞著，並且用鼻子不停的聞東聞西，對第六代機器非常好奇。		
(3)播放語音檔：茶茶 實測日期與時間：2024.02.28約下午4：30 觀察記錄： 聽到語音檔後，茶茶邊聞邊靠近，隨後把頭轉向機器周圍查看，不停的在地面嗅聞，好像是在找主人的呼喊聲。	(4)播放語音檔：狗狗叫聲-1、狗狗叫聲-2 實測日期與時間：2024.03.03約中午12：00 觀察記錄： 聽到語音檔後，肚臍開始靠近機器，雖然動作稍微緩慢，但到距離機器大概30公分左右，開始往前跑，直到衝到機器前面，開始在機器周圍繞圈圈走動。		
			
球球	小黑	茶茶	肚臍

## 2-1.鈴鐺球吸引測試方法

- (1)聯絡寵物主人，約定時間在寵物狗的家或平日活動的地方進行測試。
- (2)先暖機再播放聲音吸引小狗，可以遙控機器發出寵物主人或狗叫聲，不斷吸引寵物的注意。
- (3)等到小狗注意到機器之後，機器在小狗面前發射出狗骨頭或狗玩具小球。
- (4)可以不定時呼喚小狗，並連續發射狗骨頭或狗玩具小球與小狗互動。

## 2-2.鈴鐺球吸引測試結果

四隻小狗都能很快找出聲音的方向，並吃掉機器噴出的狗零食或找到小球玩耍。

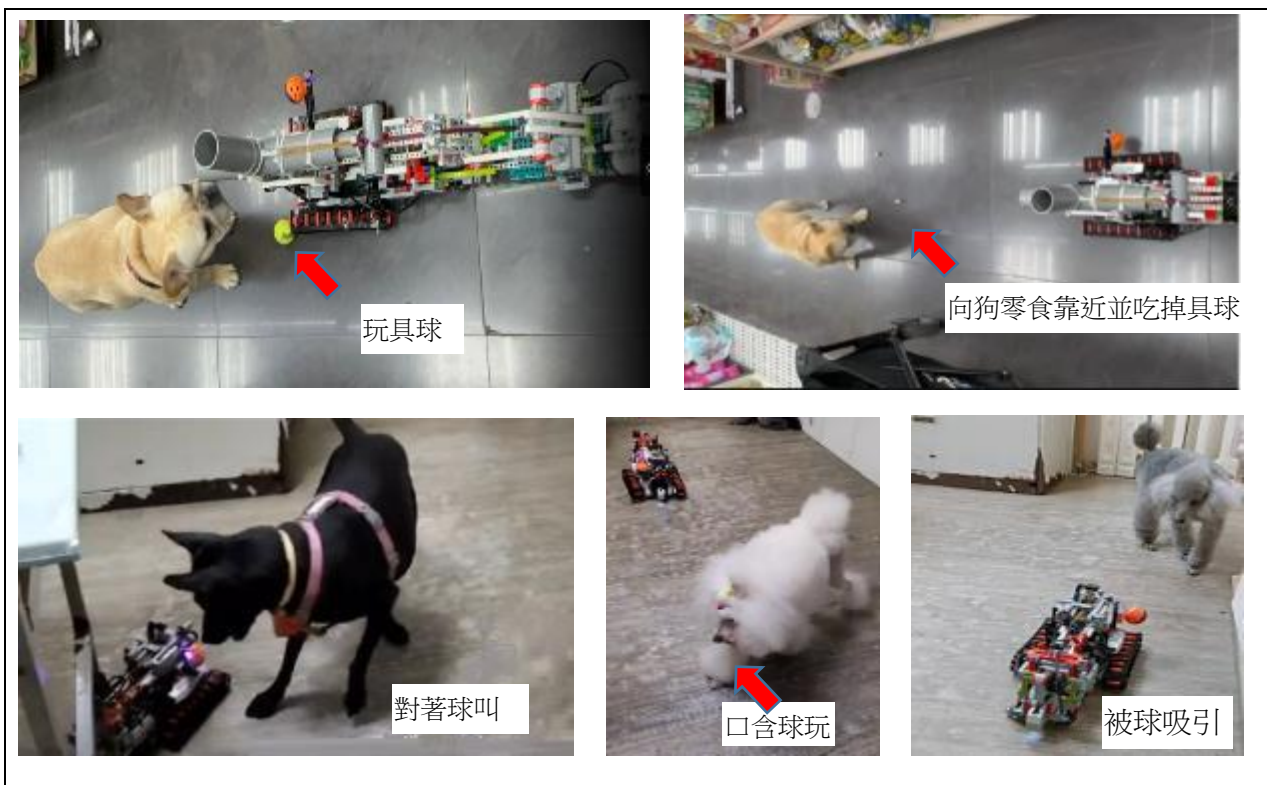


圖 11 實測對寵物投擲零食與玩具

## 肆、討論

### 一、超聲波是否對狗有影響

針對本研究機器 EV3 的超聲波傳感器，是否會對狗狗造成影響？還是我設計的功能影響寵物狗，為了區別這個問題，我找了目前網站搜尋 EV3 傳感器，找不到由官方提供的 KHz 數值。我發現可由人聽不到 Ev3 傳感器的數值與對直接狗狗的實測反應來推測 EV3 的超聲波傳感器，是否會對狗狗造成影響，因此我做了超聲波是否對狗有影響的實驗：

我到公園隨機遇到狗狗，徵求狗主人同意後就開始以超聲波傳感器做實驗，由於狗狗會任意走動，所以我的超聲波傳感器與寵物距離大約 30 至 50 公分左右，以下為測試狗狗對聽到超聲波的反應。



表 12 超聲波傳感器對寵物狗實測反應表

品種	馬爾濟斯	柴犬 1	柴犬 2	貴賓狗 1	貴賓狗 2	貴賓狗 3	拉布拉多
照片							
年齡	不詳	2	4	7	12	不詳	3
聞	X	X	X	V	X	X	X
看	V	V	X	V	V	V	V
吐舌	X	V	X	V	X	V	X
搖尾	X	X	X	X	X	X	X
吠叫	X	X	X	X	X	X	X
豎耳	X	X	X	X	X	X	X
躲	X	X	X	X	X	X	X
跑	X	X	X	X	X	X	X
跳	X	X	X	X	X	X	X
其他	X	X	X	X	X	X	X

吸引注意和友善

警戒、害怕

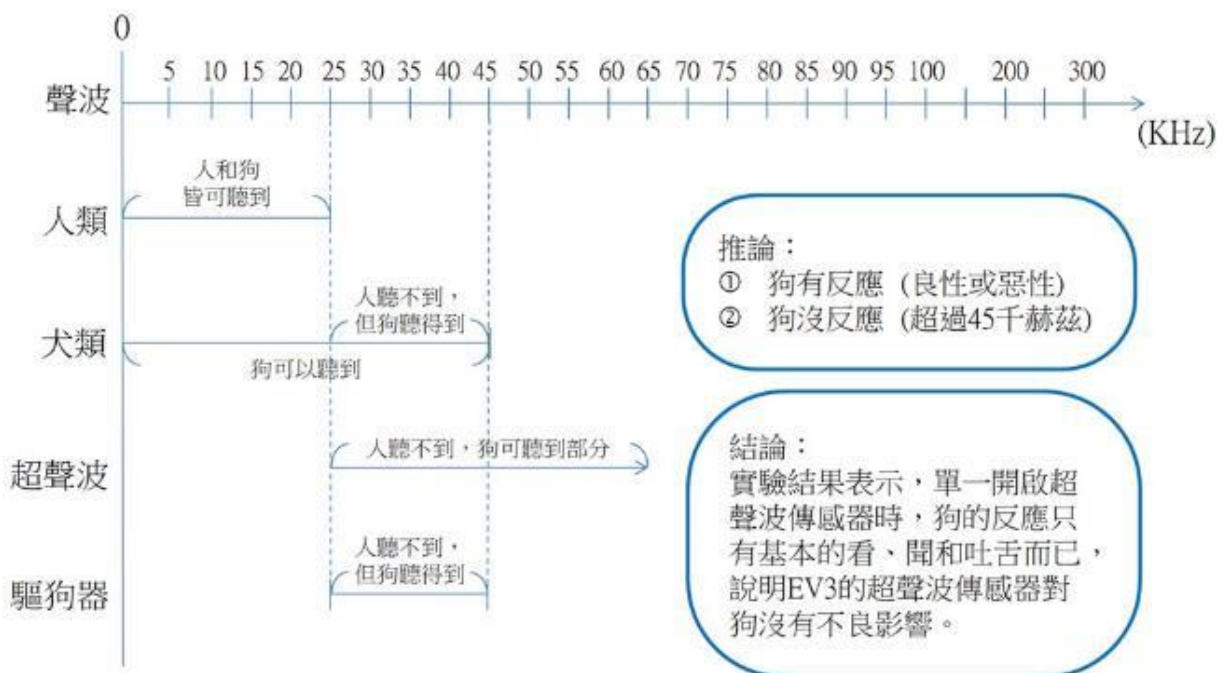


圖 13 超聲波實驗應用圖示

經過超聲波是否會影響到寵物的實驗證明, 機器所發出的超聲波狗狗都沒有很明顯的不良反應, 由此可知本機器的超聲波智能避障功能不會影響到寵物。

## 二、「彈力筒針模組」深受筒針尺寸比例與拉力影響

因前二次的彈力筒針模組尺寸實在過大，架設在機台底座上非常不穩固，於是我把彈力筒針的尺寸縮小，來減輕整體重量並嘗試更換不同尺寸的電機與調整功率，再多次結構調整改良下，最後我採用較短小的筒針尺寸搭配粗橡皮筋製作，但橡皮筋拉力不須太大，僅利於發射即可，並使用大型電機，搭配功率 100% 的電量輸出，使電機達到最佳運轉狀態。在努力不懈的更改程式下，我成功將彈力筒針的作動系統達到最高效的運作模式，最終研發出大、小彈力筒針模組。

## 三、分料系統的「自製 3D 列印零件」尺寸不合

因為第一次及第二次列印出的「十字穿中心棒」皆無法順利插入軸心，軸心與外罩無法匹配，下接連通管也無法相接使用，所以我改為標上詳細尺規後，再重新測量尺寸，隨後進行第三次 3D 列印，最後成功列印出可將「十字穿中心棒」順利插入軸心，因此軸心、外罩與下接連通管才可組裝成合為一體的自製零件。

## 四、分料系統「卡料」問題

因發射物（狗零食）的外觀形狀不一與軸心料槽深度太深，導致容易出現卡料的問題，我分別使用粗、中、細顆粒的砂紙進行手磨處理，以改善零食外觀形狀不一的卡料情形。另外，軸心料槽深度太深的問題，我利用美工刀來切割改變物件形狀，並利用軟泡棉將料槽局部封填，調整料槽深度，達到可順利正常供料。


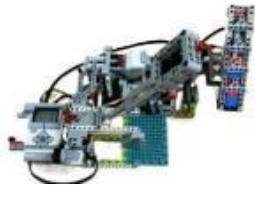
## 五、玩具球進料漏斗卡料問題



第五代玩具球發射系統的管徑較小，我為了增加與寵物的互動性，將其進料管上新增漏斗，並且設計能讓寵物自行將球叼回入漏斗內。因此，當多顆球同時存放入儲料管中，偶爾會產生零件互相堆疊而造成玩具球交疊卡料，小球互相頂住支撐懸空於料管內，為防止此現象，我在漏斗內，安裝大顆螺絲與螺帽，製造「凸起物」來防止玩具球卡料的問題。

## 伍、結論

### 一、第一至第六代陪伴寵物機主體的自製與改良歷程

表 13 研發機器演進歷程表

名稱	照片	控制方法	特點介紹
寵物原型機 重力投石器		手動 操作	材料紙箱隨手可得，製作上便利環保。
第一代 EV3 積木手動版		按鈕 控制	提高投擲的精確性和控制性，且特別關注解決槓桿晃動的問題，以確保在投射過程中能夠更加穩定。
第二代 EV3 積木遙控 自動送料版		遠程 遙控	增加自動送料功能與遠程遙控功能。第三代機身穩定，幾乎不太會卡彈。
第三代 EV3 積木遙控 自動送料加履帶版		遠程 遙控	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.遠程遙控器</li> <li>2.噴射彈匣裝置</li> <li>3.自動供料</li> <li>4.履帶可前後左右移動</li> </ol>
第四代 EV3 積木遙控 仰角履帶版		遠程 遙控	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.噴射彈匣裝置</li> <li>2.自動供料</li> <li>3.履帶可前後左右移動</li> <li>4.可調仰角、射程</li> </ol>

<p>第五代</p> <p>EV3 積木彈力筒針發射版</p>		<p>遠程遙控</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.玩具球發射功能</li> <li>2.零食發射功能</li> <li>3.超聲波智能避障</li> <li>4.播放語音功能</li> <li>5.範圍限制功能</li> <li>6.鈴鐺球吸引功能</li> </ol>
<p>第六代</p> <p>EV3 積木遠程遙控多功能陪伴寵物機</p>		<p>遠程遙控</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.玩具球發射功能</li> <li>2.零食發射功能</li> <li>3.超聲波智能避障</li> <li>4.播放語音功能</li> <li>5.範圍限制功能</li> <li>6.鈴鐺球吸引功能</li> <li>7.增加「切離分料機構</li> <li>8.增加「切離分料機構</li> </ol>

## 二、樂高 EV3 積木遠程遙控多功能陪伴寵物機的特色與效果

### (一) 自製特殊設計與測試方面：

- 1.增加「切離分料機構」，使零食發射系統的彈匣儲量大幅提升，目前最高紀錄可達 10 發以上，讓使用者更加便利。
- 2.改良進料漏斗，安裝大顆螺絲與螺帽，製造「凸起物」來防止玩具球拱卡料的問題，讓玩具小球最多發射五球而不卡球。
- 3.綜合發射落點軌跡分析發現，我所研發的「寵物陪伴機」不僅不會傷害到寵物，還可以有效達到寵物陪玩的目的。
- 4.外觀設計能達到吸引注意力的效果且有效地與寵物互動。

### (二) 機體功能設計與效果測試

- 1.履帶設計讓機體穩固。從實驗中測試，證實發射落點集中，履帶機構也能使機體可以隨意控制前後左右移動，機動性高。
- 2.智能避障距離 20 公分。超聲波智能避障，20 公分內若有障礙物出現，會自動倒退且轉彎，不會撞上障礙物。

- 3.範圍限制功能可以有效限制機器活動範圍，只要在範圍限制處貼 1 公分寬度紅線，就能預防機器進入危險區域或掉落樓梯間。
- 4.語音播放具吸引力，能預錄播放與寵物互動的語音訊息，寵物狗會被主人呼喚的聲音或狗叫聲所吸引。
- 5.遙控投擲寵物的零食或玩具，投擲寵物的零食或玩具功能佳，能達到寵物娛樂的效果，增添與寵物互動樂趣。

## 陸、未來展望

### 一、加強整體機構行走的穩定性

整體機構的穩定性很重要，因為整台機器一旦結構不穩固，行走或執行各種功能，可能會發生一連串的突發問題，未來應再設計更佳的機體，讓機體移動更穩固定

### 二、裝設攝像功能

經市場調查後，我發現幾乎所有的市售寵物機器人，都有攝像功能，或是飼主能與寵物進行即時互動，所以希望我自製的樂高 EV3 積木遠程遙控多功能陪伴寵物機，未來也能新增攝影與攝像鏡頭功能。例如：當主人在家享受追劇時光、居家辦公或是可能正在家中的另一空間專注於某事物，即可透過機器附加的攝像功能，看到寵物目前的狀態。

## 柒、參考資料及其他

- 一、陳弘翔、張庭瑄、陳孝昀，AIOT 動物健康浮生錄，2024 年。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會高中組工程學(一)，民 113 年 1 月 10 日，取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/63/pdf/NPHSF2023-052304.pdf?0.7458891614805907>。
- 二、郭陳易、廖冠弘、蔡連興、賴爾辰，2007 年。遠距視訊寵物餵食器。中華民國第 55 屆生活與應用科學科，民 113 年 1 月 10 日，取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/senior/040801.pdf>。

三、洪力天、陳韻名、陳漢容、許育瑞、許毅杰，2006 年。古代工程師巧思-製作精準的投石器。中華民國第 54 屆物理科，民 113 年 2 月 16 日，取自

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080116.pdf>。

四、游宏鈞、尚宇謙、王若宇、黃靖甯、謝子晴、藍紫軒，2022 年。小戴陪你練球—自製羽球練球機。中華民國第 60 屆國小組生活與應用科學(一)科，民 113 年 3 月 10 日，取自

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-082806.pdf>。

**備註：所有自製陪伴寵物機系統改良歷程、結果與測試之照片與圖片來源，皆由作者及第一指導教師拍攝。**

## 【評語】 082811

在這份作品中，同學研究從簡單的紙箱原型機開始，經過六代改良，最終開發出一個功能豐富的樂高 EV3 遠程遙控多功能陪伴寵物機。整個研究過程系統化且深入，涵蓋了機械設計、程式編寫、3D 列印等多個領域的知識與技能。

特別值得讚賞的是：

1. 學生不斷改進設計，解決了諸如卡料、穩定性等實際問題。
2. 結合了多種功能，如零食發射、玩具球發射、語音播放等，增加了與寵物互動的趣味性。
3. 加入了智能避障和範圍限制等安全功能。
4. 進行了詳細的實驗和數據分析，如飛行軌跡分析和落點集中度測試。
5. 考慮到對寵物的影響，進行了超聲波對狗的影響實驗。

這份作品不僅展示了學生的科學探究能力，也體現了將理論知識應用於實際問題解決的能力。未來如能加入攝像功能或偵測感知訊號的回饋控制功能，將更加完善。

## 作品簡報





樂高EV3積木遠程遙控

多功能陪伴寵物機



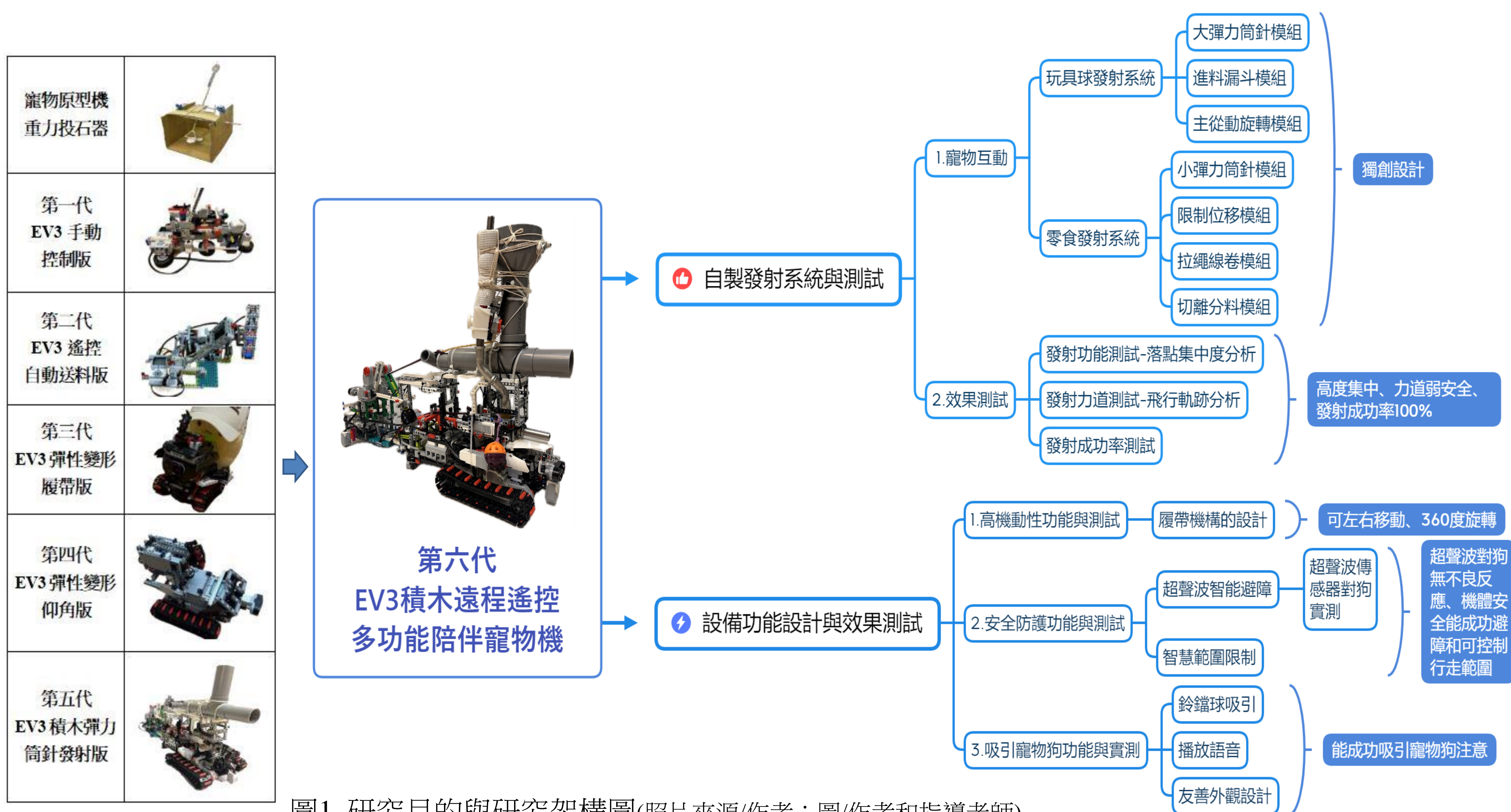
# 摘要

本研究主要是以樂高EV3為核心，設計可遙控的移動載具發射器並應用於寵物互動。我的設計最大特點是自製的發射系統：在零食發射系統中可儲料10發的狗零食，玩具球發射系統最多可發射4球，兩者發射落點集中，發射力道不強，不會對寵物造成傷害，也能增加趣味。另外機器功能的改良：履帶能360度旋轉且適用不同材質的地面，與寵物互動不受限制；AI功能中的超聲波智能避障距離20釐米內，不會碰觸到障礙物也不會對寵物有影響；範圍限制可保障機身不會有損壞的危險；機器播出的語音功能對寵物狗具吸引力，所以寵物狗會注意且啃咬機器發射出的零食並追著玩具球玩耍；最後友善的外觀設計，使寵物願意主動親近，也能保護到機器與狗的安全。

## 壹、研究動機

我從小就喜歡玩各式各樣拼裝式的積木與手工工藝，尤其是DIY自己的玩具。媽媽和我分享以前小時候做作業時，小狗經常在腳邊叫，想請媽媽帶牠出去玩，所以她只好隨手拿一顆小球扔擲出去，但是狗狗依然不滿足，這就是我的創作發想——製作「多功能陪伴寵物機」，只要透過操作遙控自動發射功能的機器，就可輕鬆與寵物陪玩，增加彼此的互動情感。

## 貳、研究目的與研究架構—多功能陪伴寵物機



## 參、研究設備器材、工作實驗環境及寵物

表1 相關軟體及設備器材

筆電	surface	相機
EV3積木零件	Mindstorms EV3 軟體	自製彈力筒針模組

(照片來源/作者)

表2 工作環境與學校實驗環境



(照片來源/指導老師)

表3 寵物寶貝基本資料表

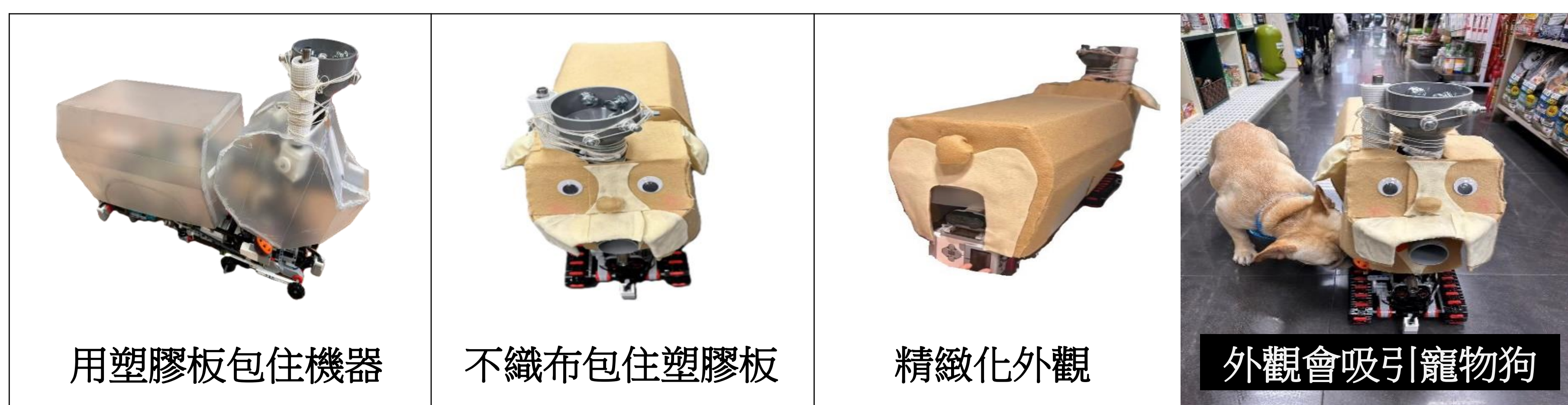
照片				
姓名	球球	茶茶(臺語)	肚臍(臺語)	小黑
品種	貴賓狗	貴賓狗	法國鬥牛犬	台灣土狗
性別	公	公	母	母
肩高	38公分	38公分	35公分	52公分
體重	7.5公斤	8公斤	8.5公斤	21公斤
個性	貪吃、活潑	老狗、活動力低	不怕生、有個性	害羞、愛玩

(照片來源/作者)

## 肆、研究歷程與結果 設備功能設計與效果測試

### 友善外觀設計與實測

表4 機體外觀設計步驟(照片來源/作者)



### 結果與發現：

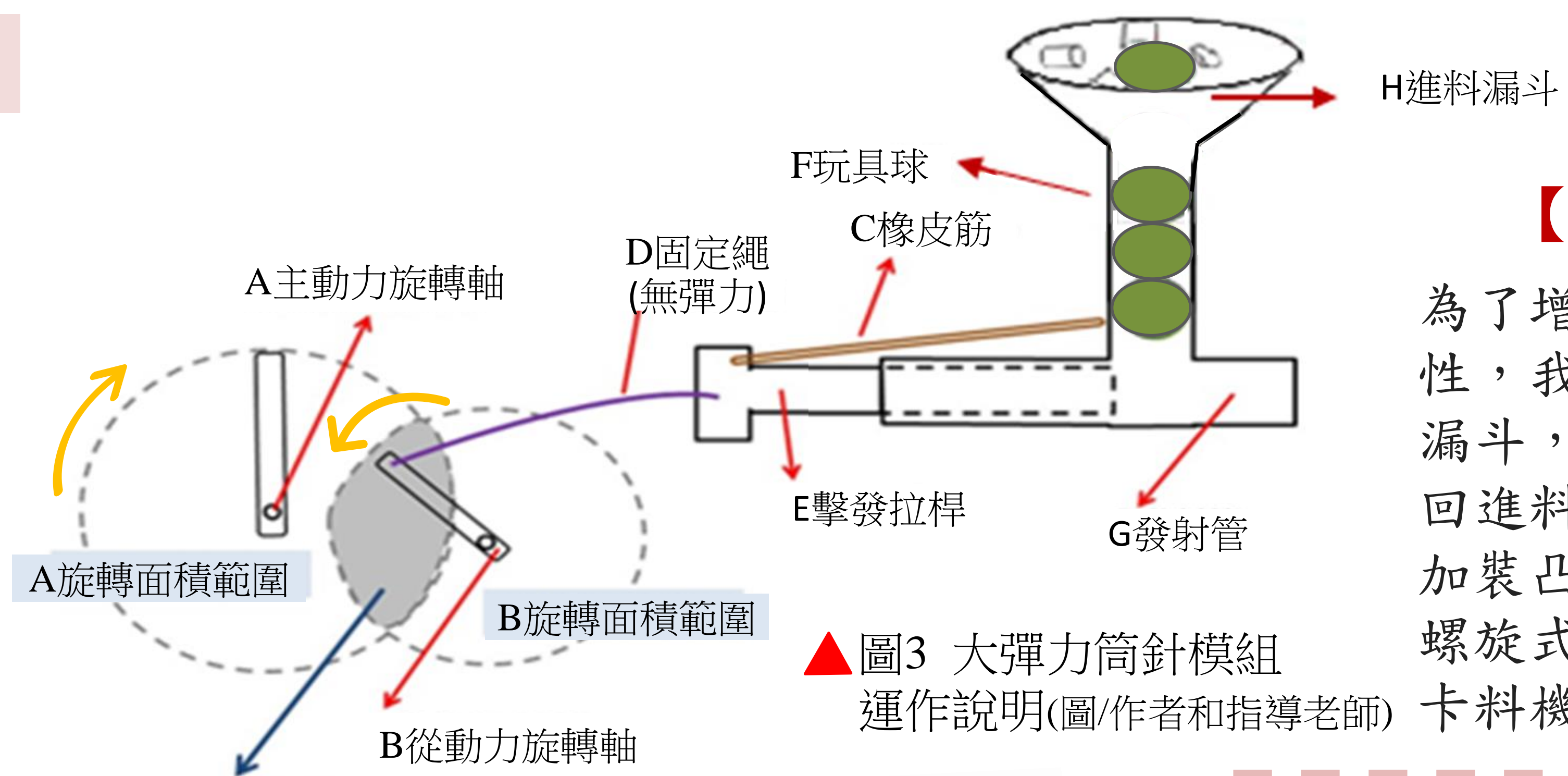
寵物機增加外觀之後，參與實驗的小狗們都會注意或主動靠近不斷聞一聞機器。外殼不僅吸引寵物，增加互動，同時也是為了保護機器結構和寵物狗的安全。

# 自製發射系統與效果測試

## 寵物互動-玩具球發射系統

### 【大彈力筒針模組】

玩具球發射是透過「主從動旋轉模組」的旋轉(圖2)，帶動「D固定繩」使「E擊發拉桿」被部分施拉出「G發射管」，當「主從動旋轉模組」旋轉復位時，「E擊發拉桿」則被「C橡皮筋」拉進「G發射管」。藉由「E擊發拉桿」在「G發射管」中的快速位移，完成發射。



### 【進料漏斗模組】

為了增加與寵物的互動性，我在進料管上添加漏斗，寵物可以將球叨回進料管內，而漏斗內加裝凸起物，使球可以螺旋式落下，有效降低卡料機率。

▲圖3 大彈力筒針模組運作說明(圖/作者和指導老師)

### 【主從動旋轉模組】

利用兩個旋轉軸(A主動力旋轉軸、B從動力旋轉軸)來達到施拉、釋放同一動作的效果。

A與B共同旋轉面積範圍(以灰色區塊表示)

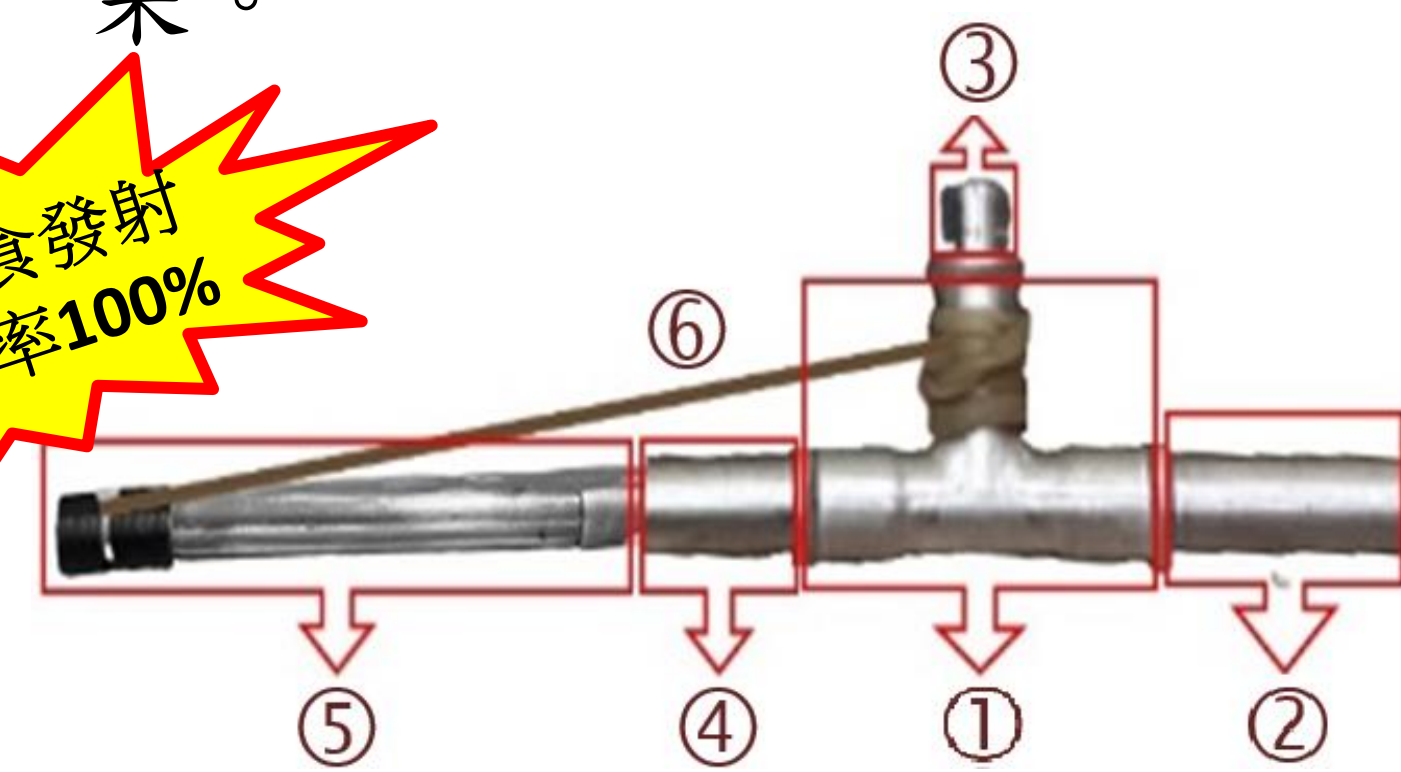
▲圖2 主從動旋轉模組運作說明(圖/作者)

### 【小彈力筒針模組】

小彈力筒針發射是利用粗橡皮筋的強大彈力，搭配炮管和筒針，直接將不同形狀的物體快速射出，達到發射效果。

玩具球發射成功率100%

狗零食發射成功率100%

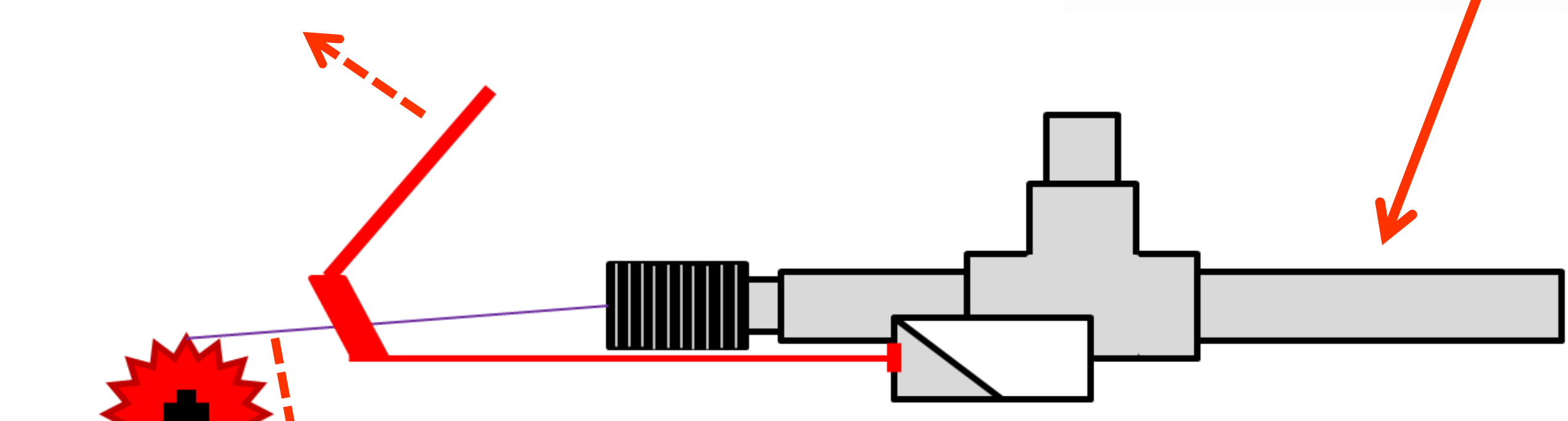


▲圖5 小彈力筒針模組說明圖(圖/作者)

## 寵物互動-零食發射系統

### 【限制位移模組】

利用停車場柵欄阻擋方法的原理，直接擋住彈力筒針尾部，可達到極速的發射效果。



▲圖6 零食發射系統相關結構設計圖示(圖/作者)

### 【拉繩線卷模組】

拉繩線卷模組在運作時，將線卷直接連接電機，減少纏繞的問題。

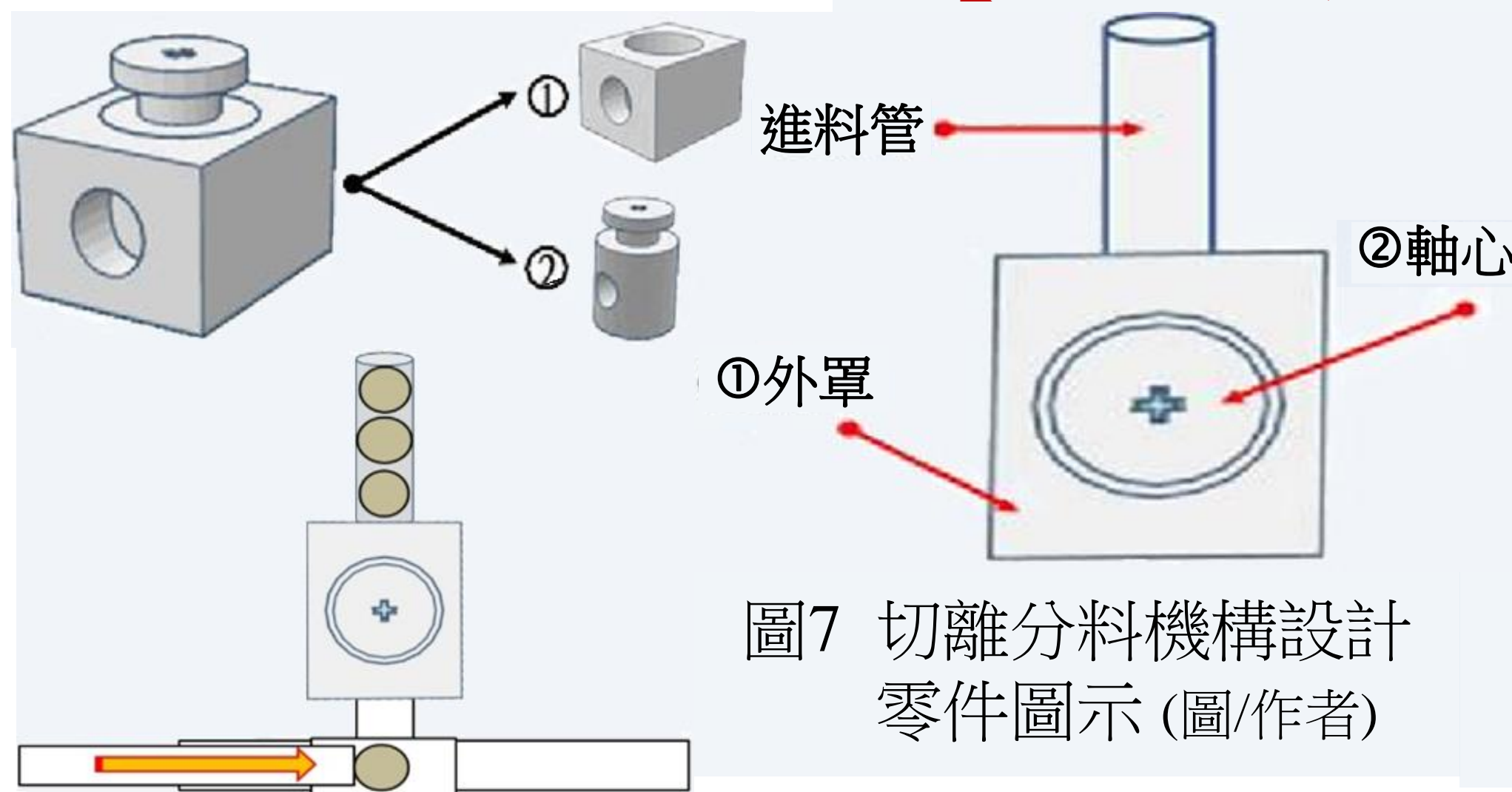
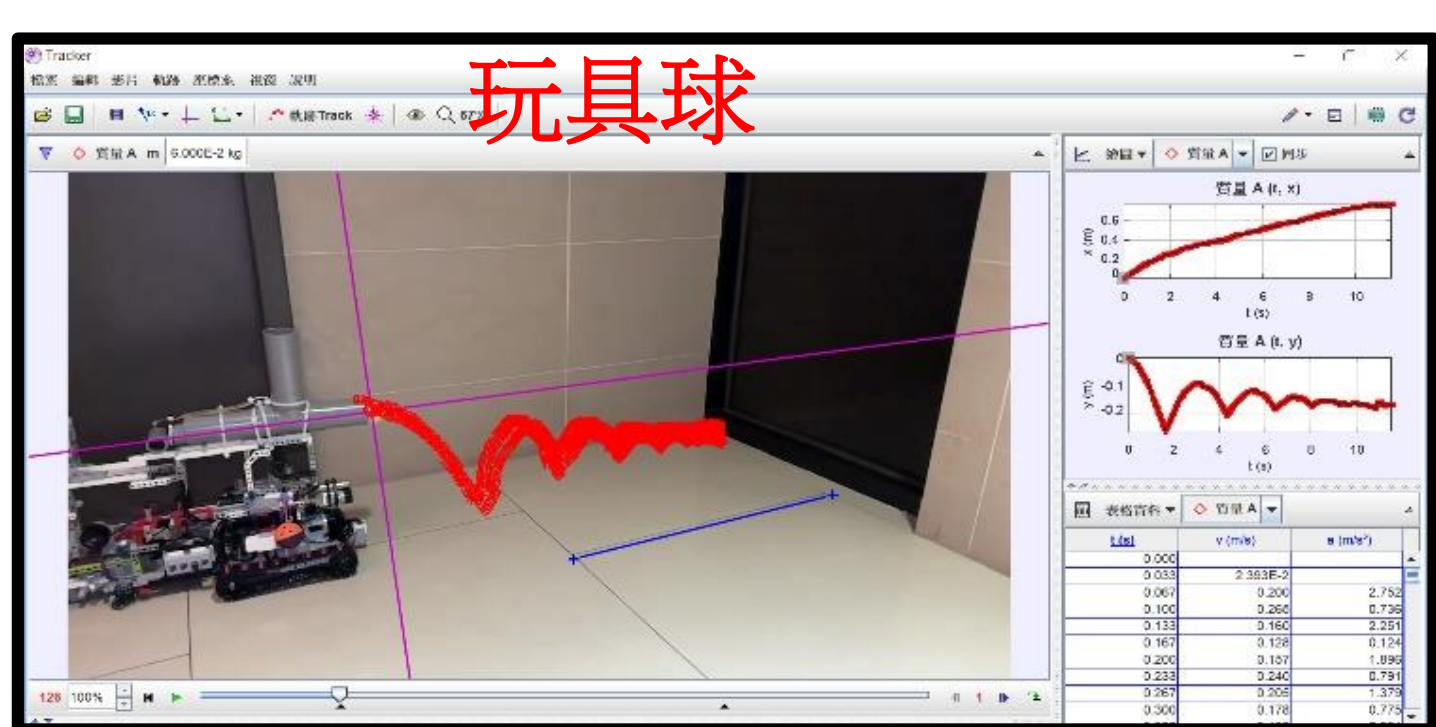


圖7 切離分料機構設計零件圖示(圖/作者)

### 【切離分料模組】

利用「Autodesk-Tinkercad」軟體，在電腦上建模並3D列印切離分料機構的外罩及軸心零件，然後安裝至大型電機，接著利用震動進料方式來讓狗零食落入料槽，之後大型電機旋轉180度，使狗零食落至彈力筒針，最後連接小型彈力筒針發射系統進行發射。

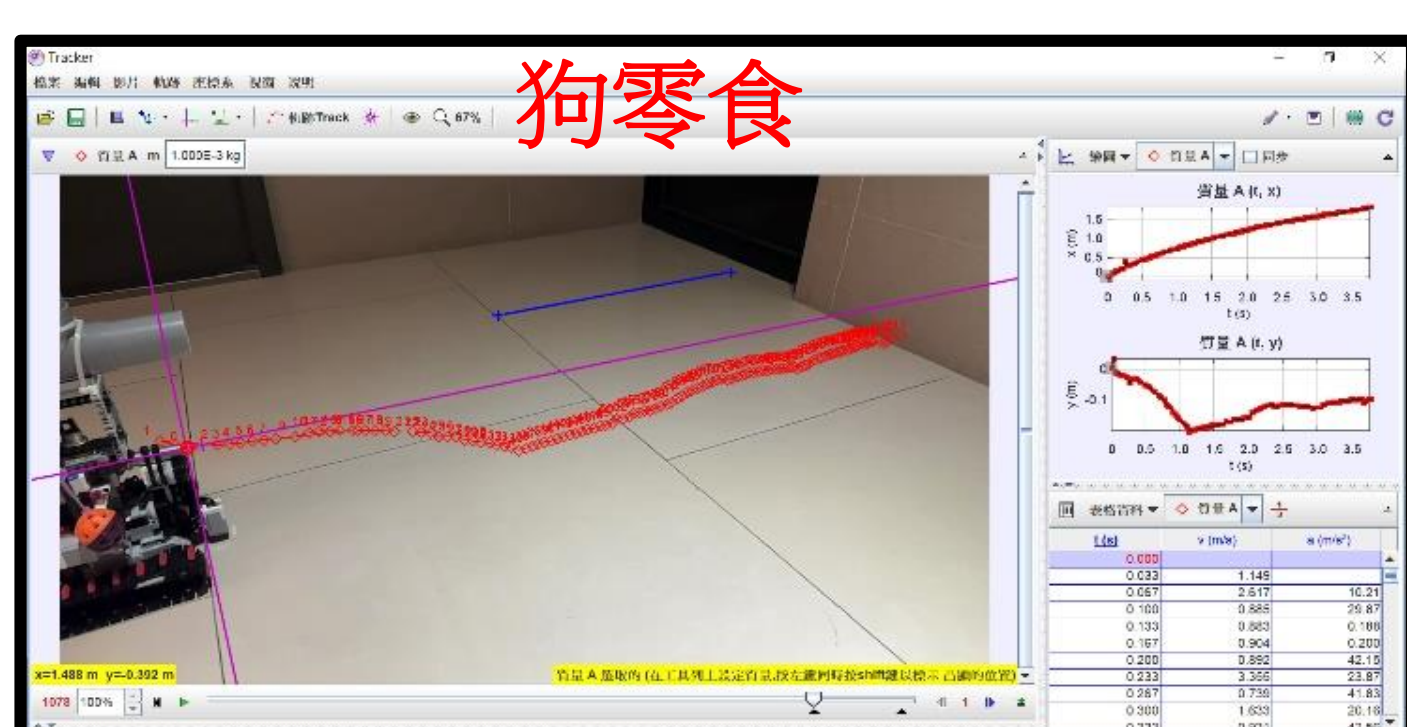
## 發射力道測試：從玩具球和狗零食的飛行軌跡分析了解發射力道的效果



玩具球軌跡圖

垂直距離：公分

水平距離：公分



狗零食軌跡圖

垂直距離：公分

水平距離：公分

圖8 玩具球和狗零食的Tracker飛行軌跡分析(照片來源/作者；圖/作者和指導老師)

### 結果與發現：

1. 玩具球與狗零食分別在2秒與1秒左右落地，從發射到第一次落地的飛行時間極短。
2. 玩具球與狗零食第一次落地的水平距離分別為22.3公分與88.2公分，射程並不長，力道也不大。
3. 綜合飛行時間與水平射程的資訊，我所研發的「陪伴寵物機」發射不遠也不強，不會傷害到寵物，還可以有效達到寵物追視與陪玩的目的。

## 發射功能測試：從發射落點集中度分析了解發射功能的效果

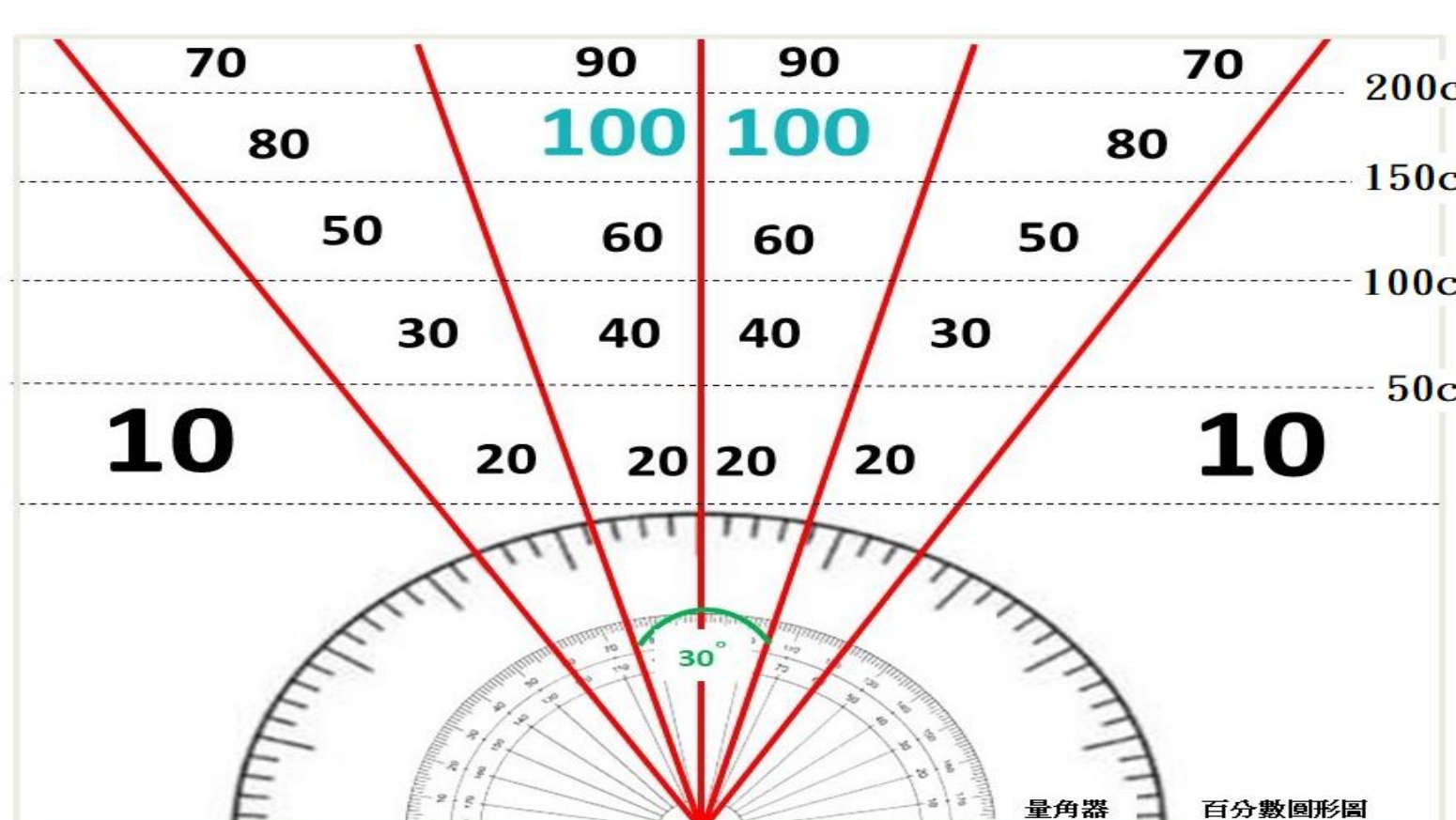


圖9 發射落點對應位置計分標示(圖/作者)



圖10 落點計分樣區測試(照片來源/老師)

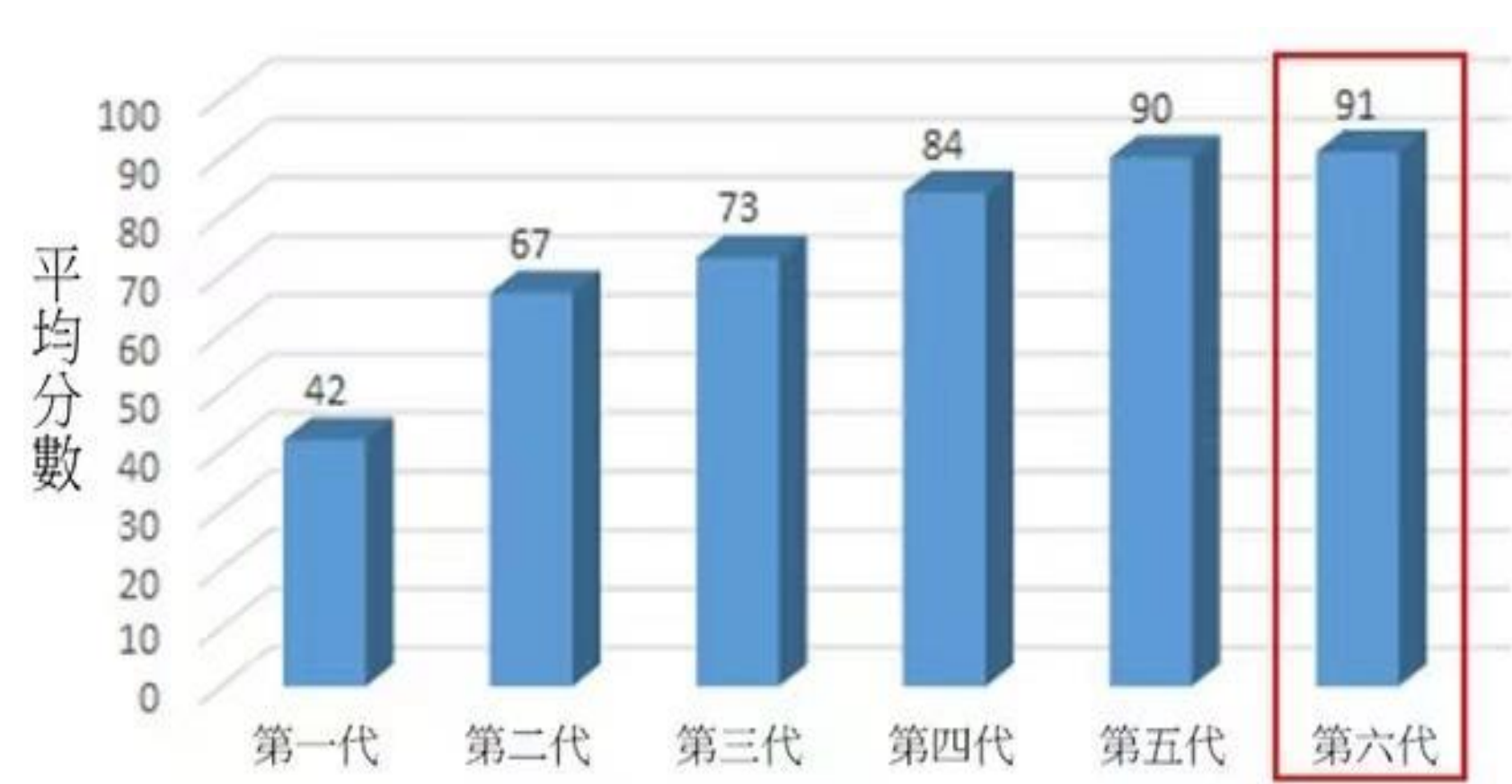


圖11 歷代機體落點集中度分析(圖/作者)

▲結果與發現：第六代機器比歷代機器的發射落點更為集中，可以精準投球或投餵寵物零食於設定的範圍內。

# 設備功能設計與效果測試

## 高機動性功能與測試-履帶設計

表5 履帶行進方式在不同地面材質上移動實測

木地板	○	絨毛腳踏墊	○	布質腳踏墊	○
瑜珈墊	○	磨石子地	○	報紙	○
石英磚	○	短毛地毯	○	人工草地會通過，但比較長和密集的草，會短暫前進幾秒後停住。△	
符號：○順暢通過，△可通過，但偶爾會前進幾秒後停住。					

**結果與發現：**履帶機構讓機器行進方式可在不同的地面材質移動、也可前後左右行走與360度旋轉，機動性提高。

【智能範圍限制功能】表8 範圍限制紅線標示測試

紅線寬度測試(cm)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	1.5
辨識效果	X	X	X	X	X	V	V
測試照片							

**結果與發現：**範圍限制功能，可辨識的紅線寬度為1公分以上，可防止機器進入危險區域，有效控制機器的行走範圍並提升安全性。(照片來源/作者)

## 安全防護功能與測試

【超聲波智能避障功能】表6 超聲波智能避障測試

避障距離測試(mm)	0	5	10	15	20	25	30
辨識效果	X	V	V	V	V	X	X
測試照片							

**結果與發現：**實驗證實，在距離20釐米處，機器能夠準確的偵測到前方障礙物，並且倒退再隨機左右轉，順利避開障礙物。(照片來源/作者)

【超聲波傳感器對寵物狗實測】

表7 超聲波傳感器對寵物狗實測反應表。(照片來源/作者)

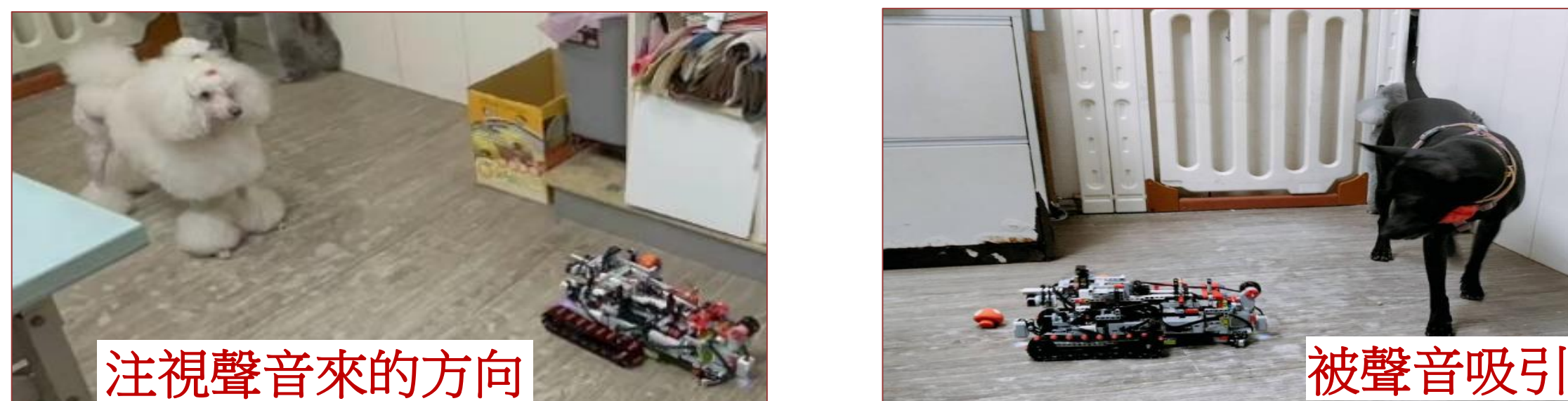
品種	馬爾濟斯	柴犬1	柴犬2	貴賓狗1	貴賓狗2	貴賓狗3	拉布拉多
照片							
年齡	不詳	2	4	7	12	不詳	3
聞	X	X	X	V	X	X	X
看	V	V	X	V	V	V	V
吐舌	X	V	X	V	X	V	X
搖尾	X	X	X	X	X	X	X
吠叫	X	X	X	X	X	X	X
豎耳	X	X	X	X	X	X	X
躲	X	X	X	X	X	X	X
跑	X	X	X	X	X	X	X
跳	X	X	X	X	X	X	X
其他	X	X	X	X	X	X	X

吸引注意、友善、警戒、害怕

**結果與發現：**實驗證明，狗對機器發出的超聲波無不良反應，應不會影響到寵物。

## 吸引寵物功能與實測

【播放語音功能】



**結果與發現：**機器播放出的聲音吸引寵物的注意，參與實驗的小狗都能很快找出聲音的方向，吃掉機器射出的狗零食或找到小球玩耍。(照片來源/作者)

【鈴鐺球吸引實測】



**結果與發現：**鈴鐺球的聲音能吸引小狗的注意力；對狗投擲零食，狗會靠近零食並吃掉；對狗投擲玩具小球，狗會追著球玩。(照片來源/作者)

## 伍、討論

### 一、「彈力筒針模組」深受筒針尺寸比例與拉力影響

彈力筒針模組經多次改良將尺寸縮小，以減輕整體重量，再多次結構調整改良，最後搭配粗橡皮筋製作，使用大型電機搭配功率100%的電量輸出，終於使系統達到最佳運轉狀態。

### 二、發射零食的卡料問題

- 1. 自製「切離分料模組」零件：**首先要進行電腦繪製3D建模以「.stl」檔進行切片最後才能3D列印「軸心」和「外罩」零件，經過多次修改，成功列印出成品，外接儲料管，組成切離分料機構。
- 2. 改善零食外觀形狀：**由於零食尺寸不一導致卡料，所以我利用美工刀來切割改變狗零食形狀，並使用砂紙進行手磨處理，讓零食形狀呈現圓形且大小一致。
- 3. 調整料槽深度：**軸心料槽深度太深導致卡料，我利用軟泡棉將料槽局部封填，調整料槽深度，就可達到順利正常供料。

### 三、玩具球進料漏斗的卡料問題

當多顆球同時放入進料漏斗時，經常因玩具球互相擠壓而形成兩球架空導致卡料的情況發生，因此我在漏斗內，安裝大顆螺絲與螺帽，製造「凸起物」來解決玩具球卡料的問題。

## 陸、結論

我設計的多功能陪伴寵物機，是一台方便主人而且處處考量寵物需求的機器，歷經多代的研發，擁有獨創的兩個發射系統，並具備履帶行進、遠程遙控、超聲波避障、範圍限制、播放語音以及搖鈴鐺球等多項特點。實驗證實：發射力道不會傷害小狗、發射點集中且成功率高，小狗對機器發出的聲音會有反應、發射出的零食會啃咬、投擲出的小球也會追著玩、超聲波避障功能偵測障礙物能成功避障；範圍限制功能可控制行走範圍提升安全，尤其範圍限制功能是市售機種都沒有的新功能。

## 柒、參考文獻

- 一、陳弘翔、張庭瑄、陳孝喲，AIOT 動物健康浮生錄，2024年。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會高中組工程學(一)，民113年1月10日，取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/63/pdf/NPHSF2023-052304.pdf?0.7458891614805907>。
- 二、郭陳易、廖冠弘、蔡連興、賴爾辰，2007年。遠距視訊寵物餵食器。中華民國第55屆高中組生活與應用科學科，民113年1月10日，取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/senior/040801.pdf>。
- 三、游宏鈞、尚宇謙、王若宇、黃靖甯、謝子晴、藍紫軒。小戴陪你練球—自製羽球練球機，2020。中華民國第60屆國小組生活與應用科學科(一)，民113年3月14日，取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-082806.pdf?671>。