

屏東縣第 65 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：抖不停無影腳！--探討影響抖抖獸行進的因素

關 鍵 詞：偏心馬達、動物步態、力與運動

編號：A2005

作品名稱

抖不停無影腳！--探討影響抖抖獸行進的因素

摘要

這份報告以「抖抖獸」作為研究對象，探討影響其運動效率的因素。實驗分別從 PP 板長度、四肢形狀、PP 板厚度、以及賽道設計等方面著手。研究發現：

- 一、最佳 PP 板長度介於 8 至 12 公分，其中 12 公分效果最佳；
- 二、四肢形狀以模仿豬、狗、象等動物較為理想；
- 三、PP 板厚度以堆疊 3 層表現最佳，過厚反而降低速度。
- 四、此外，適當設計賽道（在圖畫紙中間加凸起、調整跑道高度至 15 公分）可有效避免抖抖獸本身不規則旋轉，提升直線行進的穩定性。

這些結果不只讓我們更了解馬達運作和抖抖獸為什麼會動，也讓我們想到更多可以改進的方法，比如換不同材質的腳，或者深入研究四足動物行走時保持平衡的秘訣！

壹、前言

一、研究動機

這次的科展研究，我們選擇了「抖抖獸」，一開始只是覺得這個名字很有趣，想知道它到底是什麼？為什麼會抖動？沒想到越研究越發現裡面藏著好多科學原理，讓我們忍不住想繼續探索。

最初，當老師讓我們從幾個主題中選擇時，我們在抖抖獸和其他選項之間猶豫了很久，最後決定挑戰這個會抖動的小玩具。看到它在桌面上轉來轉去，我們很好奇：它為什麼不是直線前進？它的振動怎麼帶動移動？我們開始想，這種抖動和動物走路有關係嗎？有些動物走得快，有些走得慢，會不會跟四肢的結構有關？這些問題讓我們更想深入了解。

在學習如何製作抖抖獸的過程中，我們也發現，原來它的運動方式跟馬達有很大的關係。馬達雖然在日常生活中很常見，但我們從來沒有仔細研究過它的運作原理。當我們真正開始動手做時，才發現馬達的擺放位置、振動方式，甚至材料的選擇，全部都會影響抖抖獸的移動速度和方向。這讓我們感覺像是在解開一個個謎題，每次調整設計，都會讓結果變得不一樣。

除了嘗試不同的設計，我們還開始思考其他影響因素。例如，如果讓抖抖獸站得更高、變得更重，它的移動方式會不會改變？如果我們改變地面材質，它會跑得更快還是更慢？這些問題讓我們的研究越來越有挑戰性，每次做完實驗，看到抖抖獸以不同的方式移動，我們都覺得很興奮，因為這代表我們又發現了新的東西。

這次的研究不只是讓我們學到了科學知識，也讓我們體會到科學研究並不是一次就能成功，而是要透過不斷觀察、嘗試、修改，才能找到真正的答案。我們希望透過這次的科展，不只搞懂抖抖獸的運動原理，也能讓更多人發現，原來這麼簡單的小東西，背後藏著這麼多有趣的科學！

教材相關性：

南一出版自然科學領域四年級上學期「電路好好玩」、三年級上學期「認識動物」；翰林出版數學領域六年級下學期「速率」。

二、研究目的

在這次研究中，我們發現抖抖獸的運動方式比想像中還要有趣！它並不是單純地向前移動，而是會振動、轉彎，甚至偶爾停滯不前，讓我們充滿了疑問與好奇。我們想知道，為什麼同樣的抖抖獸，有時能快速前進，有時卻停在原地打轉？這些現象的背後，究竟有哪些因素在影響它的行進方式？

為了找出答案，我們設計了以下五項研究目的，從不同角度探討抖抖獸的移動。我們研究了板子的長度、四肢的形狀與厚度，還思考是否能透過賽道設計來讓它跑得更順暢。

- （一）抖抖獸的 PP 板長度對行走速度的影響
- （二）抖抖獸的四肢形狀對行走速度的影響
- （三）抖抖獸的 PP 板厚度對行走速度的影響
- （四）設計賽道以改善抖抖獸前進情形
- （五）賽道的高度對抖抖獸行走速度的影響

三、文獻回顧

（一）馬達為什麼可以旋轉？

我們說的直流馬達是一種電動機（均一教育平臺，2020），電動機包含永久磁鐵、電樞、集電環、電刷，它可以將電能轉成力學能，讓通電的電樞在磁場中轉動（國立臺中教育大學科學遊戲網，n.d.）。像是玩具車、電風扇、電動橡皮擦中，都有馬達的應用。

馬達的核心部分是電樞，電樞是軟鐵芯上繞有多圈的線圈。當線圈的圈數增加時，產生的磁力會更強，使馬達轉動得更有力。在馬達運轉的過程中，半圓形集電環會改變電流的方向，使馬達可以持續轉動。當電樞每轉半圈，集電環就會讓電流方向相反，這樣電磁力的作用方向也會跟著改變，使電樞能夠不停地旋轉下去。

電刷負責讓電流順利流入集電環，再透過電樞內的線圈來產生力。當電流通過電樞時，電樞的一側會受到向上的力，而另一側則受到向下的力，這種「一邊上推、一邊下壓」的作用力讓電樞開始不斷旋轉，進而帶動整個馬達的運作。

（二）裝了熱熔膠條後就可以振動的抖抖獸

老師跟我們介紹了在林政德（2010）的小玩具分享中，也有利用按摩器製作會自己抖動的棕刷、牙刷蟲蟲等等，裡面也提到了按摩器的運作原理就是在內部放了一個重心不在馬達軸上的重錘，這個重錘轉動時，圓心不在馬達的軸上，導致整個裝置不斷處於不平衡的狀態，「偏心不平衡」的馬達會產生離心力，離心力會使得馬達風聲為小的位移從而產生振動。除了利用偏心不平衡的馬達創造前進的動力以外，在許兆芳（2020）的企鵝杯杯的小玩具中也提到，當我們將不平衡的杯子放在斜面上擺動時，整體的重心會隨著與地面接觸的支點隨之改變，不斷改變的重心與摩擦力，可以讓企鵝杯杯在沒有電池或馬達作為動力的情況下同樣可以前進。

在老師帶領我們閱讀了振動馬達的原理後，我們發現手機會振動的原理也是利用「偏心不平衡」的原理，查閱網路新聞發現，發現手機的振動馬達中也有轉子馬達，利用偏心的轉子產生離心的轉子馬達，與我們的抖抖獸的馬達最為接近，成本也最便宜。在實際製作時，也觀察到了如同網路上所說的，振動時會有不具連貫性、有明顯延遲感的現象。

（三）四足動物的特徵

在三年級自然科學課上，我們學到了動物的運動與牠們的四肢有關，且常以步行前進的動物，都有前腳、後腳的長短、粗細差不多的特徵（盧秀琴，2021）。四隻腳前進的陸生動物行進方式可以分成三種：蹠行、蹄行、趾行。根據國立自然科學博物館（2022）與陳聖怡（2022）的介紹，不是所有的動物都是用四隻腳行走，像是人、鼠是蹠行動物，是腳掌、腳跟、趾頭都一起著地行走的；而豬、牛、馬是蹄行動物，利用像是指甲的蹄在行走；狗、狼和貓則是趾行的動物，也就是利用腳趾頭前進的動物，就像人們顛起腳尖快步行進一樣。

在我們的研究中，也挑選了這三種行進動物來作測試，像是蹠行動物有龜、蜥蜴、鱷魚、青蛙、鼠、石龍子；趾行動物有狗、貓、狼；蹄行動物則有豬、牛、羊、象（以厚墊行走的蹄型動物）。

（四）科展歷屆作品

我們閱讀了〈前進！車〉（簡孟瀚等人，2007）的作品，他們用小馬達、旋

臂、冰棒棍與刷子等器材製作了馬達刷刷車，並觀察各種變因對刷刷車行進情形的影響。從他們的研究當中，可以彙整出以下研究發現：

1. 馬達的旋臂越長、越重，振動的力道越大，前進速度會增加，但有承受的極限，當過長或是過重時會產生翻覆。
2. 刷刷車在前進時，不一定朝直線前進，會有側身旋轉的情形。
3. 馬達、電池、電池座安裝位置都會影響刷刷車的重心，馬達裝置於刷刷車的正前端中心位置，前進效果最佳。
4. 刷刷車刷毛越長，行進速度越快，改變刷毛的排列方式可以改變行進速度，但無法改變刷刷車會打轉的情形。
5. 刷刷車底部為刷毛時，在厚紙板的行進速度最快，其次為光滑的木板，使用絨布時則會停滯不前。

根據他們的研究，以及參考張玉山、李姿儀（2024）的教學分享，我們確定了我們的抖抖獸可以將電池盒子安裝於 PP 板底部的正下方；馬達安裝於抖抖獸的正前方中央（類似四足動物的頭部位置）；並且旋臂的部分選擇學校較好取得、安裝上較為方便、安全的熱熔膠條，重量和科展作品〈前進！車〉所使用的鐵片差不多（兩公克）。以思考抖抖獸的前進情形、四肢形狀與大小、改善抖抖獸會不斷繞圈的情況為主要研究目標。

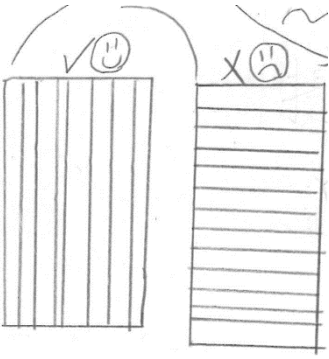
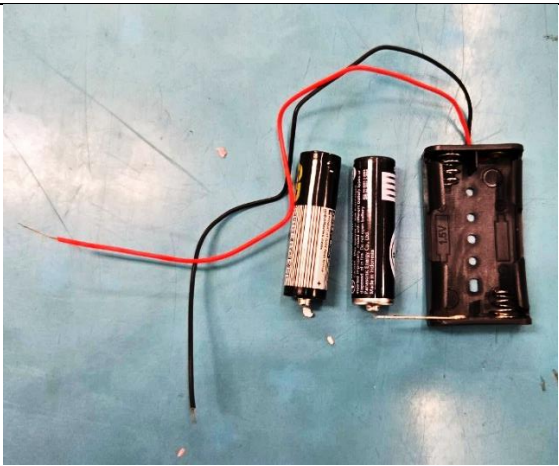
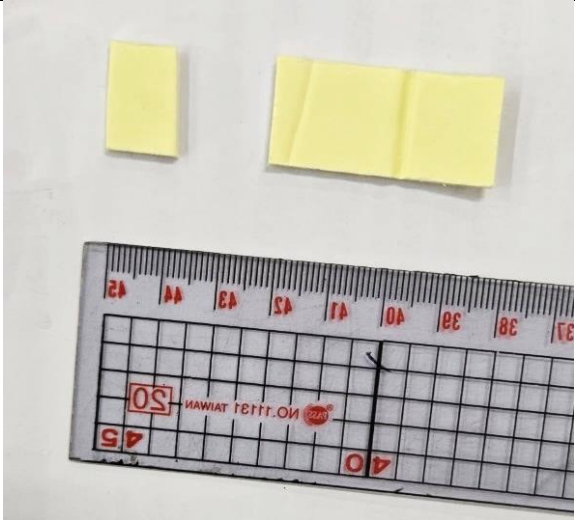
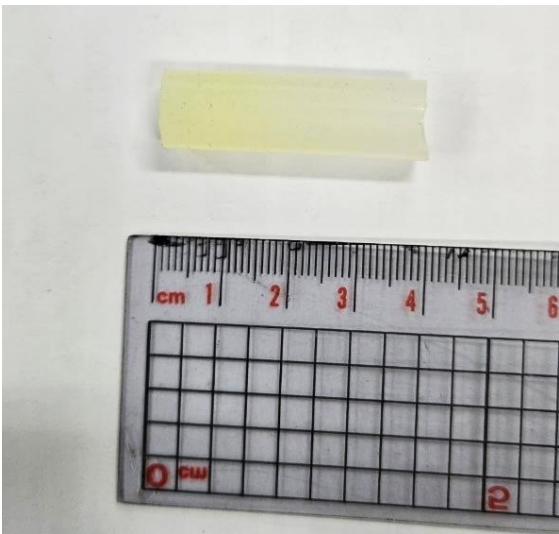
貳、研究設備及器材

一、設備與材料

- （一）賽道：半開圖畫紙、回收紙箱（全長 86cm，利用紙箱搭建突起處寬 4cm，底部架高 9cm）



(二) 抖抖獸：

PP 板 4 cm *12 cm (條紋為長邊) 一片	馬達一顆 (白色直流小馬達、18000RPM)
	
迴紋針兩根	三號電池兩顆與電池盒子
	
泡棉膠帶 (裁 4cm*2cm、2cm*1cm 各一段)	熱熔膠條 (裁 4cm，並於 1cm 處打洞)
	

電氣膠帶

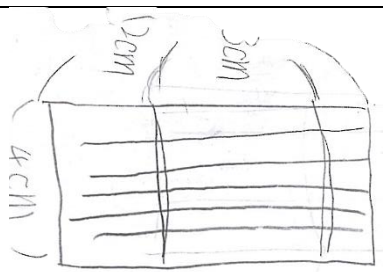


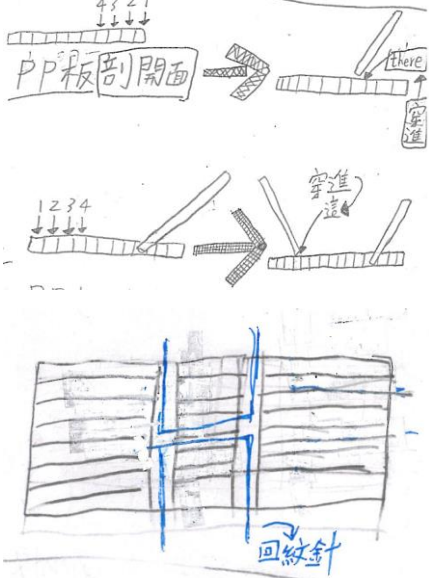
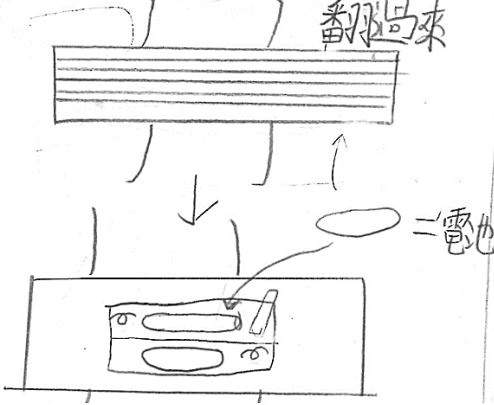
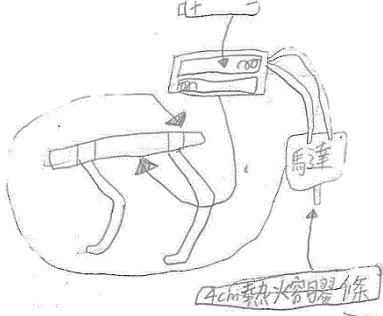
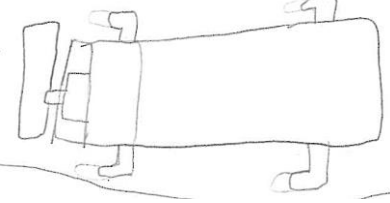
(三) 使用工具：老虎鉗、斜口鉗、美工刀、剪刀



(四) 裝置流程：

1. 利用美工刀和尺，裁出指定的 PP 板大小（以 12*4cm 為例）並在中間標記三公分，利用美工刀留下切口（不要割到底，割一半就可以了，不然會斷掉）。



2.將板子輕輕的折出洞口，借用鉗子的幫助把大號迴紋針掰直，從外面數第四格分別插入迴紋針。	
3. 利用斜口鉗、老虎鉗調整抖抖獸的四肢，再將電池與電池盒子組裝，並利用大段的泡棉膠帶把電池盒子貼在 PP 板的下面。	
4. 利用小段的泡棉膠、電氣膠帶固定馬達，馬達固定在 PP 板的最前端。	
5.在馬達前方塗起來的地方插上 4cm 的熱熔膠條，一台好玩的抖抖獸就完成啦！	

參、研究過程或方法

一、研究方法

我們將抖抖獸放置於賽道起點，打開電池盒開關，使馬達開始運轉，抖抖獸便會透過振動前進。此時同步按下計時器記錄時間，當抖抖獸的任一腳觸及賽道終點，即視為完成賽道，並記錄當下所需時間。此外，我們仔細觀察不同條件下抖抖獸的移動方式，試圖找出影響行進速度的關鍵因素。每個實驗條件皆重複測試五次，以降低誤差，確保數據的可靠性。

	
抖抖獸起步位置	抖抖獸一腳碰觸紙張底端，完成賽道

在數據紀錄的備註欄中，若抖抖獸無法順利前進，則以「 $\times n$ 」（ n 代表無法前進的次數）標註，當抖抖獸連續 5 次無法前進時，研究結果便會紀錄為「無法前進」。

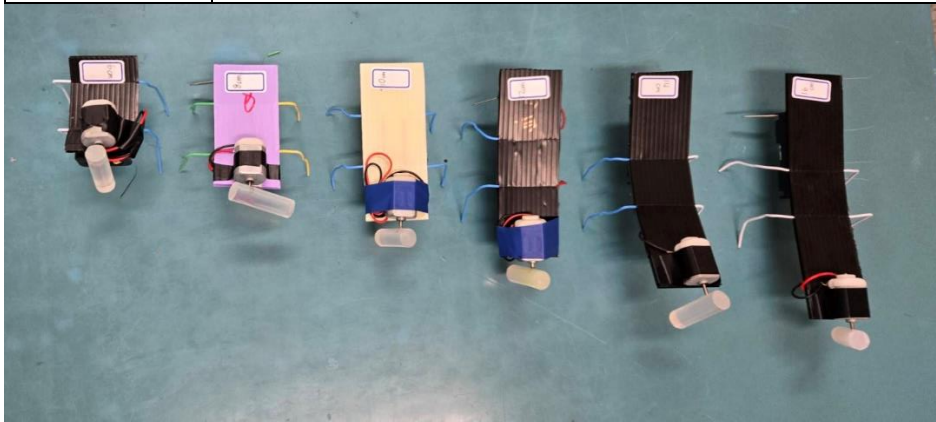
二、變因設計

（一）抖抖獸的 PP 板長度對行走速度的影響

我們認為 PP 板的長度可能會影響抖抖獸的重心分布，而重心位置的變化可能會影響其行進速度。因此，我們透過改變 PP 板的長度，觀察抖抖獸的移動情形，並記錄不同長度對行進速度的影響。實驗變因設計如下：

操縱變因	控制變因	應變變因
PP 板的長度 (6cm、 8cm、 10cm、 12cm、 14cm、 16cm)	PP 板的寬度 (4cm) 計時、放抖抖獸的人員 (人的反應力) 馬達 (白色直流小馬達、18000rpm) 迴紋針材質 (彩色 50mm) 熱熔膠條的長度 (直徑 11mm) (裁 4cm，並在 1cm 處打洞) 電池 (3 號電池、2 顆) 電池盒子 (3 號 2 顆，串聯)	速度 (86 公分 的跑道， 跑完要幾 秒)

	四肢型態（與肩平行、垂直放下） 黏貼的泡棉膠長度（2cm×4cm）、（1cm×2cm） 跑道（長 86cm，突起處寬 4cm，架高 9cm，底部圖畫紙）	
--	--	--



（二）抖抖獸的四肢形狀對行走速度的影響

抖抖獸的四肢結構影響其與地面的接觸方式，因此我們認為不同的四肢形狀可能會影響行進的速度。為了探討這個影響，我們設計了多種四肢形狀，並記錄它們對抖抖獸行進速度的影響。實驗變因設計如下：

操縱變因	控制變因	應變變因
四肢型態 （豬、狗、 象、牛、羊、 貓、龜、狼、 蜥蜴、鱷魚、 青蛙、鼠、 石龍子）	板子長度 12cm×4cm 電池（3 號電池、2 顆） 計時、放抖抖獸的人員（人的反應力） 馬達（白色直流小馬達、18000rpm） 迴紋針材質（彩色 50mm） 熱熔膠條的長度（直徑 11mm） （裁 4cm，並在 1cm 處打洞） 電池盒子（3 號 2 顆，串聯） 黏貼的泡棉膠長度（2cm×4cm）、（1cm×2cm） 跑道（長 86cm，突起處寬 4cm，架高 9cm，底部圖畫紙）	速度 （86 公分 的跑道， 跑完要幾 秒）

四肢形狀因為沒有辦法每次都折的一樣，因此每種動物做出兩隻，擇較優的成績做為登記。



（三）抖抖獸的 PP 板厚度對行走速度的影響

我們依據實驗（二）抖抖獸的四肢形狀對行走速度的影響，選取行進速度較好的四肢型態（豬、狗、象）將牠們的軀幹部位 pp 板進行厚度的堆疊，每種動物、每種厚度各做出兩隻，擇較優的成績做為登記。

1. 豬的 pp 板厚度對抖抖獸行進的影響。

操縱變因	控制變因	應變變因
板子厚度 （一層、兩層、三層、四層）	四肢型態（豬） 板子長度 12cm×4cm 電池（3 號電池、2 顆） 計時、放抖抖獸的人員（人的反應力） 馬達（白色直流小馬達、18000rpm） 迴紋針材質（彩色 50mm） 熱熔膠條的長度（直徑 11mm） （裁 4cm，並在 1cm 處打洞） 電池盒子（3 號 2 顆，串聯） 黏貼的泡棉膠長度（2cm×4cm）、（1cm×2cm） 跑道（長 86cm，突起處寬 4cm，架高 9cm，底部圖畫紙）	速度 （86 公分的跑道，跑完要幾秒）

2. 狗的 pp 板厚度對抖抖獸行進的影響。

操縱變因	控制變因	應變變因
板子厚度 (一層、兩層、三層、四層)	四肢型態 (狗) 板子長度 12cm×4cm 電池 (3 號電池、2 顆) 計時、放抖抖獸的人員 (人的反應力) 馬達 (白色直流小馬達、18000rpm) 迴紋針材質 (彩色 50mm) 熱熔膠條的長度 (直徑 11mm) (裁 4cm，並在 1cm 處打洞) 電池盒子 (3 號 2 顆，串聯) 黏貼的泡棉膠長度 (2cm×4cm)、(1cm×2cm) 跑道 (長 86cm，突起處寬 4cm，架高 9cm，底部圖畫紙)	速度 (86 公分的跑道，跑完要幾秒)

3. 象的 pp 板厚度對抖抖獸行進的影響。

操縱變因	控制變因	應變變因
板子厚度 (一層、兩層、三層、四層)	四肢型態 (象) 板子長度 12cm×4cm 電池 (3 號電池、2 顆) 計時、放抖抖獸的人員 (人的反應力) 馬達 (白色直流小馬達、18000rpm) 迴紋針材質 (彩色 50mm) 熱熔膠條的長度 (直徑 11mm) (裁 4cm，並在 1cm 處打洞) 電池盒子 (3 號 2 顆，串聯) 黏貼的泡棉膠長度 (2cm×4cm)、(1cm×2cm) 跑道 (長 86cm，突起處寬 4cm，架高 9cm，底部圖畫紙)	速度 (86 公分的跑道，跑完要幾秒)



(四) 設計賽道以改善抖抖獸前進情形

在文獻討論時我們發現，抖抖獸在沒有賽道的情況下，常會發生不規則旋轉，難以直線前進。我們最初嘗試將賽道兩側墊高，模擬在狹窄的山谷行走的方式，希望利用邊界來阻擋抖抖獸的旋轉。然而，這種設計容易導致抖抖獸馬達前方的熱熔膠條與邊界碰撞，造成翻覆。

為了改善這一狀況，我們會嘗試在抖抖獸腹部正下方賽道設計了一個凸起結構，其寬度與 PP 板相同，觀察是不是可以在抖抖獸試圖旋轉時，四肢的內側會因為碰觸到這個凸起而受到阻擋，進而維持直線前進；同時，也解決了原本熱熔膠條在山谷狀賽道中碰撞翻覆的問題。

操縱變因	控制變因	應變變因
光滑木板墊上 圖畫紙並使用 回收紙箱製作 凸起處	1.抖抖獸的型態： (1) 板子長度 12cm×4cm (2) 四肢型態（一層豬） (3) 電池（3號電池、2顆） (4) 馬達（白色直流小馬達、18000rpm） (5) 迴紋針材質（彩色 50mm） (6) 熱熔膠條的長度（直徑 11mm） （裁 4cm，並在 1cm 處打洞） (7) 電池盒子（3號 2顆，串聯） (8) 黏貼的泡棉膠長度（2cm×4cm）、（1cm×2cm） 2.計時、放抖抖獸的人員（人的反應力）	行進時是 否可以順 利直行

（五）賽道的高度對抖抖獸行走速度的影響

我們依據實驗（二）、實驗（三）中，表現最好的豬作為本次實驗的抖抖獸四肢形態。不斷改變 86cm 的跑道的起點高度，讓行走的坡度產生改變，看看賽道高度的改變，會不會對抖抖獸行進速度產生影響。

操縱變因	控制變因	應變變因
賽道的高度 (9公分~20公分)	1.抖抖獸的型態： (1) 板子長度 12cm×4cm (2) 四肢型態（一層豬） (3) 電池（3號電池、2顆） (4) 馬達（白色直流小馬達、18000rpm） (5) 迴紋針材質（彩色 50mm） (6) 熱熔膠條的長度（直徑 11mm） （裁 4cm，並在 1cm 處打洞） (7) 電池盒子（3號 2顆，串聯） (8) 黏貼的泡棉膠長度（2cm×4cm）、（1cm×2cm） 2.計時、放抖抖獸的人員（人的反應力） 3.跑道（長 86cm，突起處寬 4cm，架高 9cm，底部圖畫紙）	速度 (86公分的跑道，跑完要幾秒)

肆、研究結果

一、抖抖獸的 PP 板長度對行走速度的影響

（一）數據紀錄

	前進情形								
PP板長度	第一次 (sec)	第二次 (sec)	第三次 (sec)	第四次 (sec)	第五次 (sec)	平均時間 (sec)	平均速度 (cm/sec)	備註	名次
6cm	19.71	20.06	8.56	17.12	20.37	17.164	5.010		4
8cm	5.75	8.26	8.56	7.18	9.81	7.786	11.04		2

10 cm	8.53	8.40	8.46	8.18	8.90	8.494	10.12	×	3
12 cm	4.71	4.84	7.28	6.25	6.31	5.878	14.63		1
14 cm	無法前進								
16 cm	無法前進								

(二) 發現與討論：原先我們推測板子越短行走速度就比較快，也不是板子越長行走速度就比較慢。但從實驗數據可發現，當 PP 板長度為 12cm 時，抖抖獸的行進速度最快，平均可達 14.63 cm/sec。而 8cm 和 10cm 的表現相近，速度略低於 12cm。然而，當 PP 板長度達到 14cm 以上時，觀察發現抖抖獸尾部翹起，無法正常行進，推測是因為板子過長前後腳無法穩定接觸地面。

(三) 小結：最佳的 PP 板長度介於 8cm ~ 12cm，過短或過長都可能影響抖抖獸的行進效率。

二、抖抖獸的四肢形狀對行走速度的影響

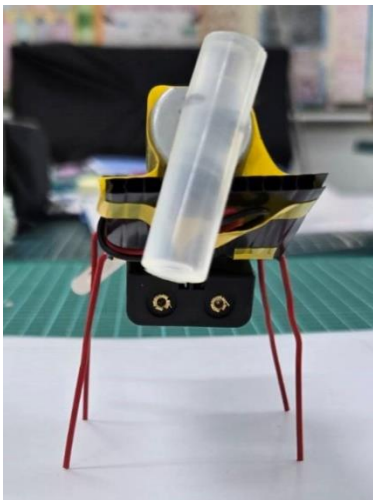
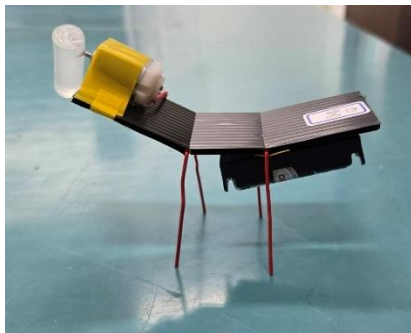
(一) 數據紀錄

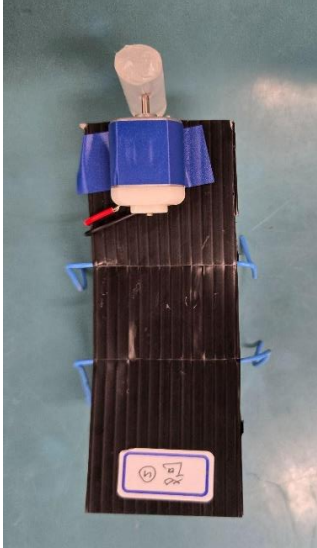
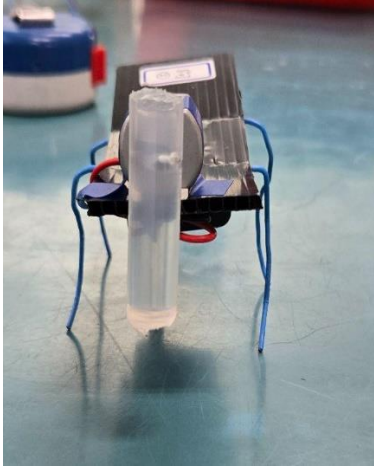
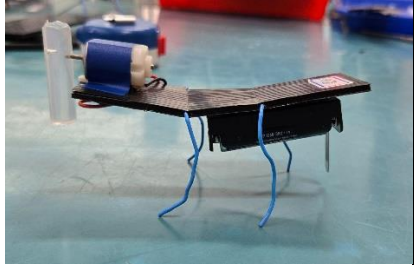
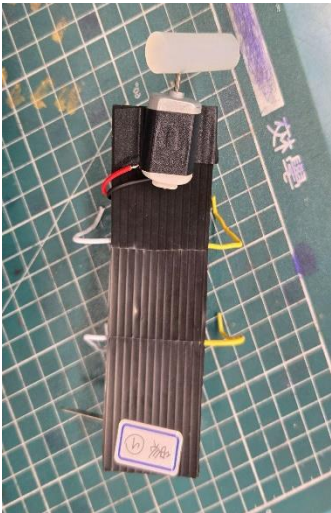
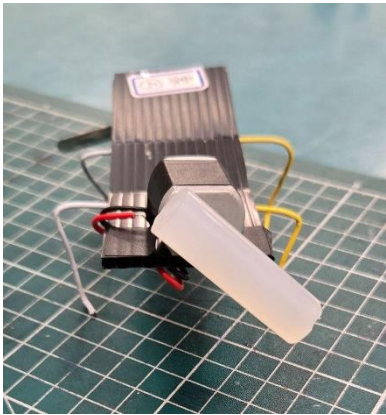
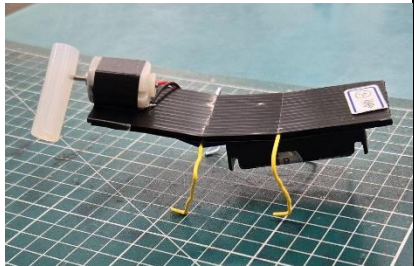
	前進情形								
四 肢 形 狀	第一次 (sec)	第二次 (sec)	第三次 (sec)	第四次 (sec)	第五次 (sec)	平均時間 (sec)	平均速度 (cm/sec)	備 註	名 次
豬	4.73	5.59	5.93	6.00	5.68	5.586	15.4		1
狗	5.68	6.53	6.72	6.68	8.93	6.908	12.45	×	2
象	6.36	5.49	8.15	9.26	11.91	8.234	10.44	×	3
牛	7.82	8.56	8.15	13.44	7.96	9.186	9.36		4
羊	7.84	8.93	10.34	10.15	10.21	9.476	9.07		5

貓	10.93	8.73	9.78	9.21	11.67	10.064	8.55		6
龜	9.34	9.15	15.34	18.40	21.62	14.77	5.82		7
狼	15.87	20.43	19.75	27.09	21.58	20.944	2.187	×	8
								1	
蜥 蜴	無法前進								
鱷 魚	無法前進								
青 蛙	無法前進								
鼠	無法前進								
石 龍 子	無法前進								

(二) 發現與討論：

1. 討論一：前三名的動物是否有共同特徵

第一名動物名稱：豬 動物四肢特徵：不同於其他的偶蹄目，豬有四個腳趾，前兩隻腳趾為蹄，後腳趾懸空走路。站立時四肢伸直。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 

動物名稱：狗 動物四肢特徵：利用腳趾走路。走路時前後腳會互相配合。後腳稍粗，四肢長度差不多。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 
動物名稱：象 動物四肢特徵：發展出厚墊，腳跟離地行走。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 

我們可以發現，這些動物以走、跑為主要的運動方式，因此分別四肢都差不多長，並且軀幹離地面較遠，不會因為底部電池盒子的摩擦而導致無法行走。

2. 討論二：後三名的動物是否有共同特徵

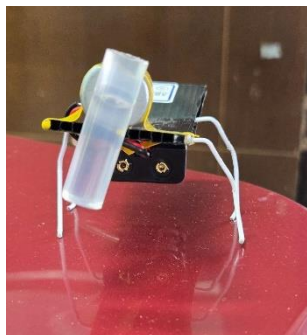
最後一名（第八名）動物名稱：狼

動物四肢特徵：身體一側的前後腿交替著前進，像是人們墊起腳尖般的站立方式，四肢差不多長。

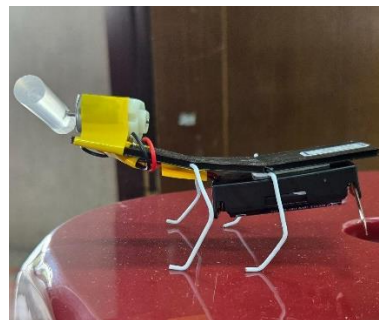
上視圖



前視圖



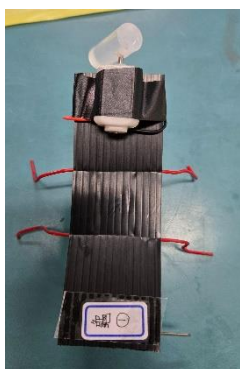
右視圖



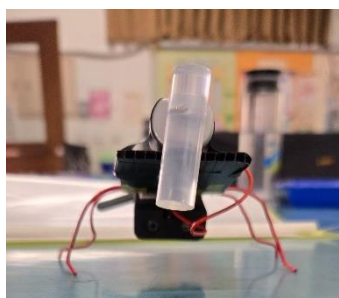
倒數第二名（第七名）動物名稱：龜

動物四肢特徵：陸龜的腳像是縮小版的象腳，有類似厚墊的構造。龜的腳其實很長，一路延伸到龜殼頂端的脊椎。

上視圖



前視圖



右視圖



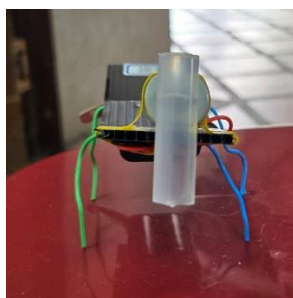
倒數第三名（第六名）動物名稱：貓

動物四肢特徵：利用腳尖（腳趾）走路，走路時後腳會踩過前腳踩過的地方。

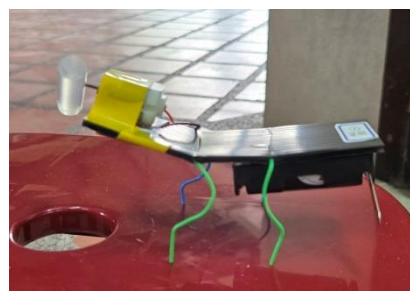
上視圖



前視圖



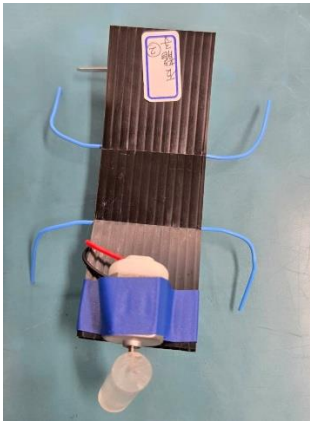
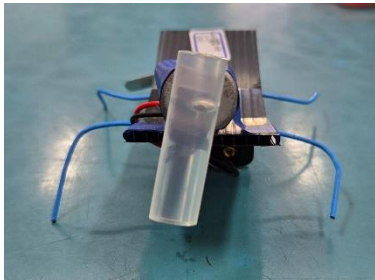
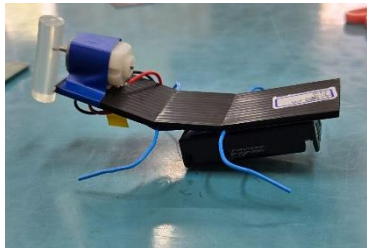
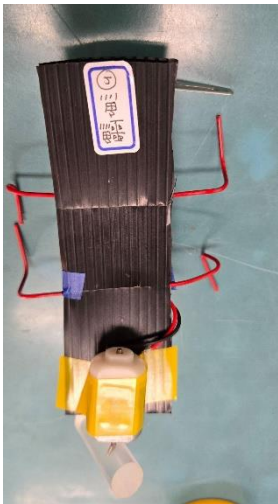
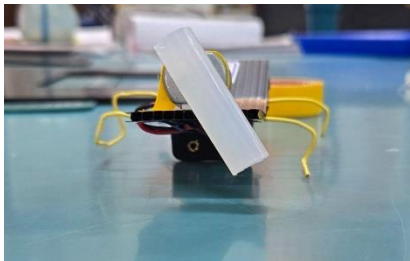
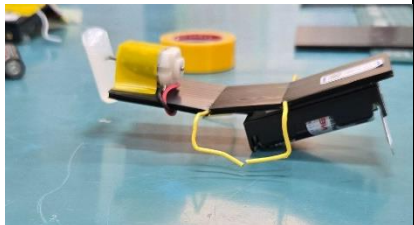
右視圖

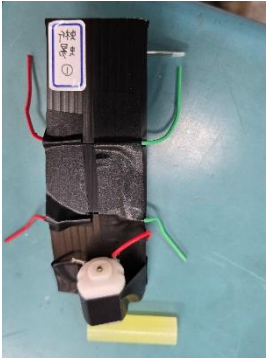
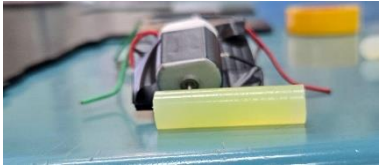
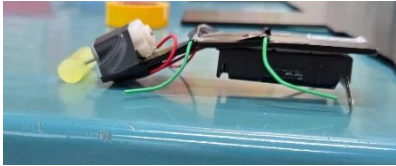
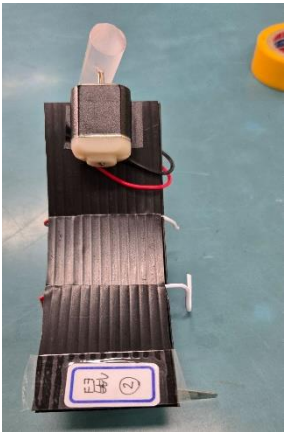
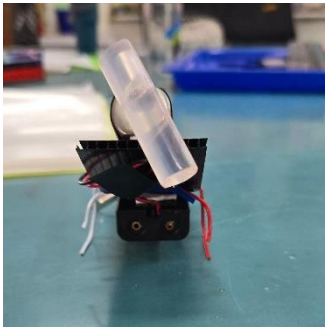
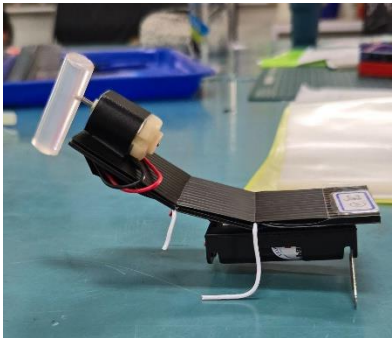
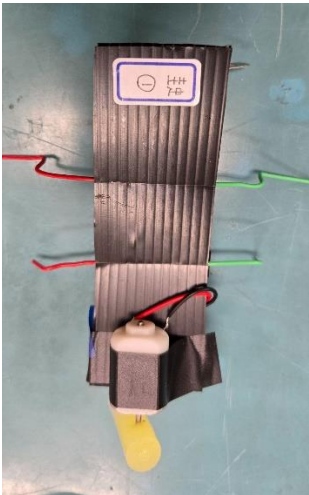
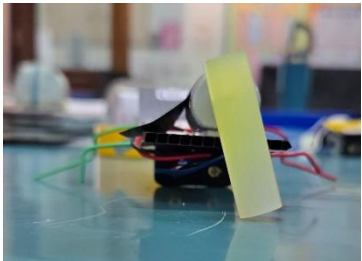
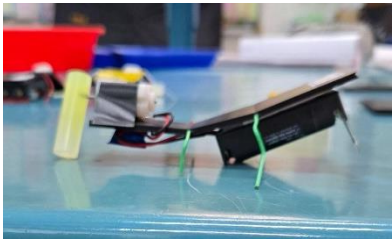


在倒數三名的動物中，我們發現雖然狼與狗的四肢結構相似，貓與狗都是趾行動物，但牠們行進速度明顯較慢。此外，陸龜的腳結構則與象相似，卻在速度表現上差很多。

我們猜測，動物的四肢形狀確實影響抖抖獸的行進速度，但影響的因素可能不只限於四肢長度或行走方式，還包括重心分布、腳掌與地面的接觸面積，以及動物本身的運動方式不是抖動的。

3. 討論三：無法前進的動物是否有共同特徵

動物名稱：石籠子 動物四肢特徵：腳的體積佔身體很大部分，看起來很強壯，因此比較能夠支撐身體的重量。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 
動物名稱：鱷魚 動物四肢特徵：利用腳掌走路，走路時左右腳不對稱，交替前進，四肢會貼近身體。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 

動物名稱：蜥蜴 動物四肢特徵：行走時左右肢體交替前進，伴隨身體來回搖擺。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 
動物名稱：鼠 動物四肢特徵：前肢短，後肢長，用來適應在各種地形上快速攀爬。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 
動物名稱：青蛙 動物四肢特徵：後腳筆前腳長的動物，以跳躍為主要運動方式。		
上視圖 	前視圖 	右視圖 

我們可以發現，這些動物除了老鼠與青蛙外，皆為爬蟲類，他們在行走時，腹部比其他動物更貼近地面，因此會因為摩擦到跑道的關係，無法正常的在跑道上行走。而老鼠、青蛙則都有前肢較後肢短小的特徵，在製作成抖抖獸時，會產生向前傾倒而無法前進的問題。

（三）小結：

從數據來看，「豬」形狀的抖抖獸行進速度最快，平均達 15.4 cm/sec，其次為「狗」和「象」。這三種動物的四肢較長，並且軀幹離地面較高，沒有發生電池盒與賽道突起處紙箱的摩擦。

我們觀察到腹部貼近地面的爬蟲類動物（像是蜥蜴、鱷魚）與跳躍行進的動物（如：青蛙）無法有效前進，這可能是因為摩擦力過大，或是這些動物原本的行進方式就不是抖動前進。

此外，動物的尾巴在自然界中有平衡身體的作用，但我們的抖抖獸並沒有考慮這個因素，這是未來可以修正的研究方向。

四肢較長、關節筆直的動物，如豬和狗，適合作為抖抖獸的四肢形狀。

三、抖抖獸的 PP 板厚度對行走速度的影響

（一）數據紀錄

1. 豬的 pp 板厚度對抖抖獸行進的影響。

	前進情形							
PP 板 厚度	第一次 (sec)	第二次 (sec)	第三次 (sec)	第四次 (sec)	第五次 (sec)	平均時間 (sec)	平均速度 (cm/sec)	備 註
一層 豬	4.73	5.59	5.93	6.00	5.68	5.59	15.4	
二層 豬	5.03	5.18	4.78	8.42	6.09	5.9	14.58	
三層 豬	3.44	3.28	4.12	3.62	3.43	3.58	24.04	
四層 豬	16.82	24.71	15.46	25.31	23.62	21.18	4.06	

2.狗的 pp 板厚度對抖抖獸行進的影響。

	前進情形							
PP 板 厚度	第一次 (sec)	第二次 (sec)	第三次 (sec)	第四次 (sec)	第五次 (sec)	平均時間 (sec)	平均速度 (cm/sec)	備 註
一層 狗	5.68	6.53	6.72	6.68	8.93	6.91	12.45	×
二層 狗	25.90	25.78	27.71	13.78	14.59	21.55	3.99	
三層 狗	8.00	7.81	6.43	7.56	7.71	7.50	11.46	
四層 狗	4.90	7.25	5.25	6.00	41.31	12.94	6.65	×
								1

3.象的 pp 板厚度對抖抖獸行進的影響。

	前進情形							
PP 板 厚度	第一次 (sec)	第二次 (sec)	第三次 (sec)	第四次 (sec)	第五次 (sec)	平均時間 (sec)	平均速度 (cm/sec)	備 註
一層 象	6.36	5.49	8.15	9.26	11.91	8.23	10.44	×
二層 象	17.50	19.81	15.96	15.68	16.40	17.07	5.03	×
三層 象	26.59	22.56	18.93	17.53	19.68	17.46	4.92	
四層 象	53.68	42.65	42.92	37.59	39.65	43.30	1.99	

(二) 發現與討論：

我們發現三層豬的速度最快，達到每秒 24.04 公分的成績；次之一層豬與二層豬；我發現如同實驗二，豬的速度都是比較快的，我在蒐集資料時發現，豬的四肢長度差不多，站立時關節也直直的，推測這可能是牠走的比較快的原因之一。

速度最慢的是四層的象、四層的豬與兩層的狗，其中有兩種四層的動物，可能可以

推測當層數堆疊到四層時，較不適合走路，因為較算是行進速度最快的豬，在第四層的表現也是不好的，因此我們推測厚度應該也是影響動物行進速度的關鍵：適當增加厚度，可以提升行進的穩定性，但過厚的 PP 板會增加重量，使抖抖獸行進受阻。

（三）小結：

PP 板的厚度適中時（如三層），可提升抖抖獸的行進效率。

四、設計賽道以改善抖抖獸前進情形

（一）觀察紀錄

我們測試了在圖畫紙中間、抖抖獸腹部正下方增加凸起物的賽道設計，並觀察抖抖獸的行進狀態。當加入凸起設計後，我們發現抖抖獸在旋轉時，迴紋針製作的四肢內側因碰觸到凸起，被迫修正方向，使其更穩定地維持直線前進。此外，賽道表面使用光滑木板並墊上圖畫紙後，抖抖獸的運動變得更為順暢，減少因摩擦力過大而減速的情況。

（二）結果與討論

我們的測試結果顯示，設計的腹部凸起能限制抖抖獸的不規則旋轉，使直線行進的成功次數變多。此外，光滑木板墊上圖畫紙的賽道表面提供了最佳的運動條件，減少了過大摩擦力可能造成的速度下降或運動受阻現象。

（三）小結

1. 圖畫紙中間增加凸起物的設計，能有效減少抖抖獸的旋轉問題，提升直線行進的穩定性。
2. 適當的賽道材質（如光滑木板墊上圖畫紙）能提供最佳的運動環境。

[illegible]

（二）發現與討論：

在 9~15 公分之間，當高度越高，抖抖獸就跑的比較快。但，當高度超過 17 公分時，抖抖獸行進容易頭部向前傾倒，尾部翹太高，而無法前進的情形。

（三）小結：

當坡度在 15 公分時，抖抖獸會以最快的速度向前衝刺，當高度超過 17cm 之後，抖抖獸前進時容易傾倒，穩定性受影響無法完成賽道。

伍、討論

一、實驗中的各種變因的影響

我們發現，在製作抖抖獸的過程中，每一隻抖抖獸前進的狀態並不相同，有時抖抖獸會以馬達朝前的方式行進，有時則相反，同時每次測試的結果仍會有些微差異，例如馬達黏貼的穩定度、四肢的微小變形等，皆可能影響抖抖獸的行進表現。

二、動物四肢的特性與尾巴的影響

我們在模仿動物的四肢時，是以模仿動物的站立姿勢，但抖抖獸的行進方式是振動前進，因此並非所有擅長奔跑的動物都適用，像是如狗是用跑的、兔子是用跳的……可能也會使在日常生活中明明移動很快的動物，在我們的模擬實驗中卻沒有很理想的成績。

而我們閱讀《尾巴大調查》一書中也發現，動物的尾巴其實也是非常重要的角色，尾巴具有保持平衡、儲存脂肪、止滑、武器、防禦等作用（張東君，2019）。但我們在模仿這些動物的特徵時，並沒有思考到他們尾巴的功能，推測這也可能是我們模仿的動物行進速度並不像牠們本身跑的那麼快的原因。或許做了尾巴，部分動物在行走時，頭部的重量會更輕，重量更穩定，或許就不會一直停下來了。

三、電池消耗的影響

我們發現抖抖獸的電池一下子就要換了，我很好奇為什麼抖抖獸的電池消耗這麼快，平常要裝電池的生活用品明明都可以用好幾個月，換了電池以後，也真的走會比較快，我們猜測可能是因為馬達的高速旋轉消耗大量能量，與日常生活中低耗能的電子設備（如遙控器或時鐘）有很大的不同。我們未來可以探討不同種類的電池對抖抖獸的影響。

四、影響抖抖獸旋轉的因素與賽道調整

從文獻的討論到實驗過程中，我們發現抖抖獸經常出現不規則旋轉的現象，這不僅影響行進效率，也讓它無法穩定前進。我們嘗試從抖抖獸的 PP 板厚度與四肢形狀下手，希望能找到解決方法，但我們的研究發現這些變因都無法有效改善旋轉問題。

不過，透過調整賽道設計，我們發現可以有效限制抖抖獸的旋轉。在賽道中央增加突起結構，讓抖抖獸四肢內側與突起產生接觸，從而穩定行進方向，減少旋轉幅度。但是！我們也發現這種設計可能會影響爬蟲類動物形狀的抖抖獸，因為它們的腹部較貼近地面，容易因突起賽道的影響而無法順利前進。

五、未來的改進方向

（一）改善抖抖獸四肢的材質

目前我們的抖抖獸四肢主要是使用迴紋針來製作，雖然能夠支撐結構，但不同動物的四肢形狀對行進影響從結果看起來並不穩定。未來可以試試看用不同形狀的四肢材料（如塑膠、木材等）、或是再四肢與身體連接處加入可彎折的部件，模擬出更真實的動物行走方式。

（二）改善抖抖獸軀幹的使用材料

目前我們把抖抖獸的軀幹使用 PP 板作為主要結構材料有容易切割、容易安裝四肢的特性，但不同材質的軀幹也許可能影響振動與行進方式。也可以測試不同種類的軀幹，甚至是在四肢或底部貼上不同材質的膠帶，看看是否能讓行進更穩定。

（三）模擬更多動物特徵，探索生物仿生應用

我們的研究模仿了幾種四足動物的行走模式，但生物界中還有許多不同種類的動物，像是昆蟲、節肢動物，或許可以發現更多有趣的行進方式。

此為探討動物尾巴的影響，在抖抖獸後方加裝尾巴，看看是否能幫助穩定行進方向，如同動物利用尾巴保持平衡的方式。

陸、結論

- 一、PP 板的長度 影響行進效率，最佳範圍在 8cm ~ 12cm，並以 12cm 表現最佳。
- 二、四肢形狀會決定抖抖獸的行進能力，豬、狗等四肢較長的動物表現較佳。
- 三、PP 板的厚度會影響抖抖獸行進的穩定性，增加到三層時速度最快，但四層則過厚會降低速度。
- 四、改變賽道設計能有效減少抖抖獸的旋轉問題，增加直線行進的穩定性，特別是在圖畫紙的中央加入突起厚紙板時效果最佳。
- 五、跑道長為 86cm 時，高度為 15cm 可提供最佳的行進條件。

柒、參考資料及其他

均一教育平臺（2020 年 12 月 8 日）●【觀念】電動機原理＜素養動畫＞● 取自：

<https://www.junyiacademy.org/junyi-science/science-juni/middle-school-physics-chemistry/s4zdt-/v/q0LzoQaBh3E>

林政德（譯）（2010）● 39 元創意科學實驗（原作者：學研科學 SOFT 開發部）● 臺北市：小天下（原著出版年：2006）。

國立自然科學博物館（2022 年 11 月 4 日）● 張牙舞爪尋寶趣● 取自：

https://web3.nmns.edu.tw/exhibits/111/teeth-claws/unit-2.html?utm_source=chatgpt.com

國立臺中教育大學科學遊戲網（n.d.）● 單極馬達● 取自：

<http://scigame.ntcu.edu.tw/electric/electric-019.html>

張玉山、李姿儀（2024 年 2 月 16 日）● STEAM 之小學科技教學活動設計與實施—以抖抖外星人為例● 取自：<https://www.ntsec.gov.tw/article/detail.aspx?a=5284>

張東君（譯）（2019）● 科學不思議 2：尾巴大調查（原作者：張東君）● 臺北市：親子天下（原著出版年：2015）。

許兆芳（2020）● 親子 FUN 科學● 臺北市：商周出版。

陳聖怡（譯）（2022）● 動物骨骼驚奇大解密（原作者：川崎悟司）● 臺北市：聯邦文化（原著出版年：2019）。

盧秀琴（主編）（2021）● 自然科學三上課本● 臺南市：南一書局。

簡孟瀚、李東翰、林建豪、徐英騰、李奕寬、鄭恩有、葉鴻楨、陳昇群（2007）● 前進！車● 國立台灣科學教育館● 取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/index.htm>